

Olli Hietanen

Puurakenteisen ulkoseinäelementin testaus julkisivulaitteella

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Olli Hietanen

Työn nimi: Puurakenteisen ulkoseinäelementin testaus julkisivulaitteella

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 49

Liitteiden lukumäärä: 12

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan puurakenteisen ulkoseinäelementin testausta julkisivulaitteella. Testaus tehdään Seinäjoen ammattikorkeakoulun puulaboratoriossa Seinäjoella. Julkisivulaitteella on mahdollista tutkia testattavan kappaleen ilmanpitävyyttä, sateenpitävyyttä sekä tuulenpaineen kestävyyttä. Testit suoritetaan SFS-EN standardien mukaisesti valvotuissa olosuhteissa.

Rakentamismääräykset muuttuivat vuonna 2010, mikä vaikutti puurakenteisten ulkoseinäelementtien paksuuteen merkittävästi. Uusien määräysten johdosta on alettu rakentaa tuplarunkoisia ulkoseinäelementtejä. Tuplarunkoisia ulkoseinäelementtejä on tarkasteltu laboratoriokokeissa vähäisesti, joten lisätestaaminen on tarpeellista.

Tutkimuksen tarkoituksena on kehittää Hietakulma Oy:lle toimiva ja kustannustehokas ulkoseinä rakenne massatuotantoon. Rakenteen täytyy noudattaa Suomessa määrättyjä lakeja ja asetuksia. Kustannustehokkaan ratkaisun pitäisi mahdollistaa talotehtaan kilpailukyky tulevaisuudessakin.

Tutkimuksen tavoitteet saavutettiin jokaisen osa-alueen osalta. Vuoden 2010 alusta lähtien on noudatettu tuotekehityksessä saatua informaatiota ja alettu käyttää tutkittua rakennetta massatuotannossa.

Asiasanat: elementtirakentaminen, rakentamismääräykset, ilmanpitävyys, tiiviys ja vedenpitävyys

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology
Degree programme: Construction Engineering
Specialisation: Building Construction

Author: Olli Hietanen

Title of the thesis: Research of a wooden curtain wall element in a test chamber

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2010 Number of pages: 49 Number of appendices: 12

This thesis deals with the research of a wooden curtain wall element. The laboratory tests were made in the wood laboratory at Seinäjoki School of Technology. The curtain wall research chamber can be used in air permeability, water tightness and resistance of wind load testing. The tests were made under controlled circumstances and in accordance with a SFS-EN standard.

The building regulations changed in January 2010 which influenced the thickness of curtain wall elements. Because of the new regulations, factories have started to build double framed structures on wall elements. There have been only few researches which relate to double frame structures so it is important to test more.

The key point for this thesis is to create a functional and cost-effective structure to mass production. The structure must abide to regulations and laws. A cost-effective solution will guarantee a factory's competitiveness in future.

The objectives were achieved fully in every aspect. The product has been produced from the beginning of 2010 successfully with the help of the information that was gathered in the research.

Keywords: prefabricated construction, building regulations, air permeability, tightness and water tightness

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLTÖ

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO	9
1.1	Tutkimuksen tausta	9
1.2	Tutkimuksen tavoite	9
1.3	Tutkimuksen rakenne	10
1.4	Tutkimuksen tilaaja	10
2	JULKISIVUELEMENTTI	11
2.1	Rakentamismääräykset	11
2.2	Elementti	12
3	JULKISIVULAITE	14
3.1	Julkisivulaitteen historia	15
3.2	Julkisivulaitteen toiminta	16
4	JULKISIVULAITTEEN TESTIMENETELMÄT	18
4.1	Tiiviysmittaus	18
4.2	Ilmanpitävyys	18
4.3	Sateenpitävyys	19
4.4	Tuulenpaineen kestävyys	20
5	JULKISIVUJÄRJESTELMIEN LUOKITUKSET	22
5.1	Ilmanpitävyysluokitukset	22
5.2	Sateenpitävyysluokitukset	24
5.3	Tuulenpaineen kestävyysluokitukset	26
6	JULKISIVUELEMENTIN TESTAUS	28
6.1	Valmistelu	28
6.2	Asennuskehän asentaminen	30
6.3	Tiiviysmittaus	32
6.4	Ilmanpitävyys	37

6.5 Sateenpitävyys.....	39
6.6 Tuulenpaineen kesto.....	40
7 TULOKSET	41
7.1 Tiiviys	41
7.2 Ilmanpitävyys	41
7.3 Sateenpitävyys.....	44
7.4 Tuulenpaineen kesto.....	44
8 YHTEENVETO.....	45
LÄHTEET	47
LIITTEET	

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Staattinen paine	Paine, joka johtuu ilmakehässä yläpuolella olevasta ilmassan painosta. Standardipaineeksi on valittu 1013,25 hPa.
Ilmanpitävyys	Tarkoitetaan rakennuksen vaipan tiiviyttä. Ilmanpitävä rakenne ei päästä ilmavirtauksia rakennuksen läpi.
Sateenpitävyys	Rakennuksissa vaipan ja ulkopuolisen kosteuden erottamista toisistaan.
Tuulenpaine	Tuulesta aiheutuva ali- tai ylipaine. Pyrkii taivuttamaan rakennuksen vaipan rakennusosia.
U- arvo [W/(m²K)]	Lämmönläpäisykerroin. Tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Elementin valmistusta.	13
Kuvio 2. Julkisivulaite.....	14
Kuvio 3. Luokitus maksimi ilmanläpäisevyydelle. (SFS-EN 12152:2002, 7.)	24
Kuvio 4. Optinen mittalaite taipuman tarkasteluun elementin alareunassa.	26
Kuvio 5. Asennuskehä vaakasuorassa apukannattimien päällä.	29
Kuvio 6. Vanerielementti ja liimapuupalkki asennettuina asennuskehään.	30
Kuvio 7. Ulkoseinäelementti teräslevyin ja ruuvein kiinnitettynä.	31
Kuvio 8. Saumat on tiivistetty polyuretaanilla sekä Permo HD -teipillä.	32
Kuvio 9. Ilmaa läpäisemätön kalvo asennettuna tiiviysmittausta varten.....	33
Kuvio 10. Painetta tasaava laippa.....	34
Kuvio 11. Etäisyysmittarit asennettuna.	35
Kuvio 12. Julkisivulaitteen sivusta avattava luukku.	37
Kuvio 13. Veden poistoputki.	40
Kuvio 14. Ilmavuodot graafisesti 600 Pa saakka.....	42
Kuvio 15. Mittaustuloksia 1200 Pa ylipainetestauksesta 600 Pa saakka.	43
Kuvio 16. GANN Hydrometer 65.....	44

Taulukko 1. Vuoden 2010 rakentamismääräysten mukaiset U-arvojen vertailuarvot. (Mukaillen C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2008.).....	12
Taulukko 2. Ympäröivän maaston muodosta riippuvan tuulisuuskertoimen β ohjeellinen arvo. (Siikanen 1996, 16.).....	21
Taulukko 3. Ilmanläpäisevyysluokitukset kokonaispinta-alalle. (SFS-EN 12152, 6.)	22
Taulukko 4. Ilmanläpäisevyysluokitukset saumojen pituudelle. (SFS-EN 12152, 6.)	23
Taulukko 5. Sateenpitävyysluokitukset. (SFS-EN 12154, 6.).....	24
Taulukko 6. Paineportaat. (SFS-EN 12154, 5.).....	25
Taulukko 7. Tiiviysmittaus 1050 Pascalin alipaineessa.....	36
Taulukko 8. Ilmanpitävyysmittaus 1200 Pascalia.....	38

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Suomessa otettiin käyttöön vuonna 2010 uudet rakennusmääräykset, jotka kiristivät entisestään rakenteiden lämmönläpäisevyyttä. Rakenteiden lämmönläpäisevyyttä pienennettäessä rakenteiden paksuus kasvaa huomattavasti. Puurakenteisia ulkoseiniä tarkasteltaessa uudet määräykset tarkoittavat, että ulkoseinäelementin eristemäärät kasvavat useita kymmeniä millimetrejä, kun eristeenä käytetään perinteisiä eristeitä. Eurooppa-neuvoston päätöksestä vuoteen 2020 mennessä Suomen täytyisi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia. Energiatehokkuuden pitäisi parantua samassa ajassa myös 20 prosenttia. Tehokkuuden parantamisen perusteena on rakennusten energiankulutuksen pienentäminen.

Tutkimuksen tilaajan mukaan seinäelementtien muuttaminen tuli ajankohtaiseksi, kun määräykset muuttuivat vuoden 2010 alussa. Laboratoriotestaukset tehtiin kesällä 2009 ja elementtien valmistus aloitettiin tutkimuksen johdosta vuoden 2010 alusta. Yrityksellä oli idea uudesta seinärakenteesta, jota sitten muunneltiin omaan tuotantoon sopivaksi.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää vuoden 2010 rakennusmääritysten mukaisen puurakenteisen ulkoseinäelementin ilmanpitävyyttä, tuulenpaineen kestoja sekä sateenpitävyyttä. Tutkimuksessa testataan tuplarunkoisen ulkoseinäelementin mahdollisia ongelmia ja puutteita. Testien perusteella tutkimuksen tilaaja saa lisätietoa rakenteen toimivuudesta ja päättää, minkälaisia ulkoseinäelementtejä alkaa rakentaa tuotekehitysprojektin jälkeen. Tarkoituksena on kehittää mahdollisimman kustannustehokas, mutta samalla hyvä ja toimiva rakenne massatuotantoon.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Johdannossa käsitellään tutkimuksen taustaa, tavoitetta, rakennetta ja tilaajaa. Ensin perehdytään rakentamisen määräyksiin ja tarpeeseen saada toimiva rakenne ja päädytään tutkimuksen tilaajan esittelyyn. Julkisivuelementti-kappaleessa perehdytään vuonna 2010 voimaan asetettuihin rakentamismääräyksiin ja lopulta itse elementtiin ja sen rakentamiseen. Kolmannessa kappaleessa käsitellään julkisivulaitteen historiaa ja sen toimintaa. Julkisivulaitteen testimenetelmäkappaleessa käydään läpi tutkimuksessa suoritettavat testit. Julkisivujärjestelmien luokitukset -kappaleessa esitellään raja-arvot eri testeihin. Kuudennessa kappaleessa Julkisivuelementin testaus käydään laboratoriossa tehty testi valmistelusta viimeiseen testiin saakka. Lopuksi esitellään tulokset ja yhteenveto koko työstä.

1.4 Tutkimuksen tilaaja

Markku Hietanen ja Pentti Kulmala perustivat Hietakulma Oy:n 31.5.1988. Tuotanto aloitettiin 1988 rivitaloasunnoista perinteiseen tapaan. Vuonna 1989 alihankintana rakennettiin työmaatiloja. Vuonna 1990 Hietakulma rakensi omat toimitilat Koskenojankadulle Kankaanpäähän. Työmaatilojen alihankinta loppui ja alkoi lammakausi. Kattoristikoiden valmistus aloitettiin. Markku Hietanen ryhtyi Hietakulman ainoaksi omistajaksi Pentti Kulmalan siirtyessä eläkkeelle. Vuosina 1996 ja 1997 tehtiin yhteensä kymmenen kappaletta jäähallien asennustöitä. Ensimmäiset elementtitoimitukset toimitettiin vuonna 1998 Paratiisinmäkeen Poriin. 2000-luvulla yritys on kasvanut paljon. Vuonna 2008 työntekijöitä oli n. 30 liikevaihdon ollessa 4 miljoonaa euroa. (Hietanen 2008.)

2 JULKISIVUELEMENTTI

Julkisivuelementti on tässä tapauksessa rakennuksen vaipan osa, joka erottaa lämpimän sisäpuolen sekä kylmän ulkopuolen toisistaan mahdollisimman energia-
tehokkaasti.

2.1 Rakentamismääräykset

Rakentamismääräykset muuttuivat 1.1.2010. Uudella asetuksella kumottiin vuonna 2007 annettu asetus. Vuonna 2010 anottavien rakennuslupien kanssa toimitaan uuden asetuksen mukaan. Määräykset koskevat uusia rakennuksia, joissa käytetään energiaa lämmittämiseen ja mahdollisesti jäähdyttämiseen. Asetus ei kuitenkaan koske tietyn tyyppisiä tuotantolaitoksia, kesäkäyttöön tarkoitettuja lomiasuntoja eikä kasvihuoneita, väestönsuojia tai muita vastaavia rakennuksia joiden tarkoituksellinen käyttö vaikeutuisi kohtuuttomasti. Rakennusten tilojen ja vaipan tulee olla niin ilmanpitäviä, että vuotokohtien läpi tapahtuvat vuodot eivät aiheuta merkittäviä haittoja rakennuksen käyttäjille, rakenteille ja ilmanvaihtojärjestelmän pitää toimia suunnitellun mukaisesti. Rakennusten suunnitteluun, rakennustyöhön sekä liitosten toimivuuteen tulee kiinnittää huomiota. Tarvittaessa rakenteisiin on tehtävä erillinen ilmansulku. Myös ikkunoiden ja ovien tiivistämiseen käytettävät tuotteet tulee olla sellaisia, että ne kestävät käytössä, ovat ilmanpitäviä eivätkä aiheuta vaaraa ympäröiville rakenteille. Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosan uudet vertailuarvot C3 mukaisesti ovat taulukossa 1.

Taulukko 1. Vuoden 2010 rakentamismääräysten mukaiset U-arvojen vertailuarvot. (Mukaillen C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2008.)

Rakennusosa	U- arvo [W/(m ² K)]
Seinä	0,17
Hirsiseinä (keskim. väh.180 mm)	0,40
Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09
Ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17
Maata vasten oleva rakennusosa	0,16
Ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,00

2.2 Elementti

Testattava kappale on puurakenteinen ulkoseinäelementti. Liitteessä 1 on nähtävissä kokoonpanokuva elementistä. Elementti on suurelementti ja rakennettu kahdesta pystysuuntaisesta rungosta. Rakennusmääräysten mukaan uusien asuinrakennusten ulkoseinäelementtien U-arvovaatimukset ovat kiristyneet, joten myös elementtiin on tarvinnut asentaa lisärunko varsinaisen rungon sisäpuolelle. Ulkoseinärakenne on hyvin ilmatiivis, koska höyrynsulkumuovi on yhtenäinen eikä siihen tarvitse tehdä yhtään reikää. Aikaisemmalla yksirunkoisella rakenteella höyrynsulkumuoviin on tarvinnut tehdä reikiä sähkörasioille. Nykyisellä tuplarunkorakenteella sähköputket viedään lisärungon sisällä höyrynsulkumuovin sisäpuolella, joten muovi pysyy yhtenäisenä.

Ulkoseinäelementti on rakennettu Hietakulma Oy:n elementtitehtaalla, joka kuuluu SFS-sertifioinnin piiriin. Hietakulma Oy on sitoutunut noudattamaan Inspecta Oy:n rakennustuotteiden tarkastustoimintaohjeita sekä viranomaisten laatimia ohjeita ja määräyksiä. Inspecta-konserni on puolueeton ja riippumaton kansainväliset pätevyysvaatimukset täyttävä suomalainen palveluyritys. Inspecta Oy on myöntänyt Hietakulma Oy:lle oikeuden SFS-tarkastusmerkin käyttämiseen. Valmistajan tunnus on EL-05.

Elementti on kooltaan 2610 mm korkea ja 3050 mm leveä. Korkeuden määrittää kipsilevyjen koko ja leveyden asennuskehän sisämitta. Elementin rakenne on sisäpuolelta ulkopuolelle seuraavanlainen:

1. sisäverhouskipsilevy KN-13
2. 48 x 48 pystyrunko ja 50 mm Paroc Extra -kivivilla
3. höyrynsulkumuovi
4. 42 x 198 pystyrunko ja 200 mm Paroc Extra -kivivilla
5. tuulensuojakipsilevy KXT-9

Kuviossa 1 valmistetaan 42 x 198 runkoa elementtiin. Ensimmäiseksi asennetaan 42 x 198 runko, josta lähtee koko elementin valmistus liikkeelle. Liitteessä 1 on kokoonpanokuva testauksessa käytettävästä elementistä.



Kuvio 1. Elementin valmistusta.

3 JULKISIVULAITE

Julkisivuelementin tulee saavuttaa vaatimukset sateen-, tuulen- ja ilmanpitävyyden kannalta. Vuotokohdat voivat aiheuttaa kosteus- ja mikrobivaurioita. Asukkaiden asumisviihtyvyys paranee ja energiatehokkuus kasvaa tiiviissä talossa. Puolueetomalla testauksella saavutetaan tarkkaa tietoa elementtien tiiviyydestä. Testattavalle elementille on mahdollista saada VTT:n hyväksymä CE-merkkintä.

Julkisivulaite (kuvio 2) on teräksestä valmistettu painekammio. Julkisivulaitteen asennuskehä on kooltaan maksimissaan 3 m * 4 m (b * h) ja minimissään 1,2 m * 1,2 m. Itse laitteisto on hieman korkeampi ja leveämpi. (Rakennusten julkisivuelementtien testaukset, [viitattu 4.3.2010].)



Kuvio 2. Julkisivulaite.

Tuotteelle on mahdollista saada CE-merkintä Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SeAMK) ja VTT:n yhteistyön kautta. Tuotteelle edellytetään viralliset testitulokset ja testaus järjestetään SeAMK:n laboratoriossa. VTT:n valvoja seuraa testejä, dokumentoi testin kulun ja laatii virallisen testiselosteen omalla nimellä. (Rakennusten julkisivuelementtien testaukset, [viitattu 4.3.2010].)

3.1 Julkisivulaitteen historia

Alun perin julkisivulaite on rakennettu VTT:n käyttöön Espooseen. VTT halusi saada laitteen laajempaan käyttöön, koska heidän oma tarpeensa laitteelle oli pieni. Samaan aikaan Seinäjoen ammattikorkeakoululla oli suunnitelmissa rakentaa laboratorioon laitteisto julkisivujen testaukseen. Laitteiston siirtäminen tuli ajankohtaiseksi, kun VTT:n edustaja saapui Seinäjoelle tutustumaan laboratorioon. Keskusteltuaan projektista osapuolet huomasivat suunnitelman olevan molemmille sopiva. Julkisivulaitteen ostamisesta toteutettiin hanke, jossa EU oli myös osallisena hankkeen rahoituksessa. Laite oli hieman suuremmassa mittakaavassa sekä toimilaitteistoltaan vielä keskeneräinen VTT:n omistuksessa. Laitetta täytyi hieman muokata ja sovittaa Seinäjoella uudelleen asennusta varten. (Ala-Louko 2010.)

Laite purettiin VTT:n laboratoriossa ja siirrettiin SeAMK:n tiloihin Seinäjoelle. Laitteen kokoamisessa auttoi paikallinen yritys. VTT oli tehnyt jo aiemmin täydelliset suunnitelmat koneen käyttämisestä ja rakentamista varten. Paikallinen yritys asensi ja koneisti julkisivulaitteen kokonaisuudessaan. Tarkoituksena oli saada laitteisto toimimaan täysin automaattisesti. Putkiston kalibrointi suoritettiin VTT:n laboratoriossa, jonka jälkeen se kuljetettiin takaisin Seinäjoelle ja asennettiin kiinni järjestelmään. Julkisivulaitteen käyttäminen SeAMK:n laboratoriossa on toimiva ratkaisu, koska silloin laitetta voi käyttää yritysten tuotekehitysprojekteihin eikä projekteista synny tilannetta, jolloin VTT olisi jäävi jotain tuotetta kohtaan. Asiakkaan halutessa tuotteen CE-merkintään johtavan testauksen testejä valvoo VTT:n oma henkilökunta Seinäjoella sijaitsevassa laboratoriossa. Tällä tavalla mahdollistetaan julkisivulaitteen maksimaalinen hyödyntäminen. (Ala-Louko 2010.)

3.2 Julkisivulaitteen toiminta

Laitteen määritelmät on laatinut tekninen komitea CEN/TC 33, joka kuuluu AFNOR nimiseen kansainväliseen standardoimisorganisaatioon. Määritelmät mahdollistavat kansallisten standardien laatimisen ja kappaleiden testaamisen. Määritelmät ovat CEN/CENELEC:in sisäisten säännösten mukaan sidottu seuraaviin maihin: Itävalta, Belgia, Tšekin tasavalta, Tanska, Suomi, Ranska, Saksa, Kreikka, Islanti, Irlanti, Italia, Luxemburg, Hollanti, Norja, Portugali, Espanja, Ruotsi, Sveitsi ja Yhdistyneet Kuningaskunnat. EN-standardit muodostavat sarjan, joka määrittelee julkisivuille tarvittavat suoritusvaatimukset. (SFS-EN 12153, 3.)

Puurakenteista ulkoseinäelementtiä mitataan testauksessa suljetun kammion avulla. Kammio on rakennettu siten, että sen toiselle puolelle on mahdollista kiinnittää testattava elementti. Kammion tulee olla rakennettu kestäväksi kaikki rasitukset, joille se altistetaan testien aikana. Kammiossa tulee olla kehikko, mihin kiinnitetään testattava elementti ja kehikko taas kiinnitetään kammioon. Kammion tulee olla kokonaisuudessaan ilmanpitävä, että saadaan luotettavat tulokset. (SFS-EN 12153, 5.)

Testiä suoritettaessa elementin on oltava rakenteiden käyttöolosuhteita vastaavassa kunnossa, aivan kuin sitä käytettäisiin talon rakenteena. Kappaleen ei tule saada lisää tukea testikehästä. Elementin korkeus määritellään siten, että sen korkeus on oltava täysimittainen korkeudeltaan liitoskohtien välillä. Erikoistapauksissa kappaleen tulee olla riittävän kokoinen todistaakseen toimivuutensa. (SFS-EN 12153, 6.)

Laitteella voi testata mistä tahansa materiaalista rakennettua kappaletta, jonka tulee kestää sadetta, ilmaa ja tuulta. Julkisivulaitteita on samassa mittakaavassa Euroopassa vain neljä kappaletta, joten esimerkiksi Baltian maista tulee asiakkaita testaamaan tuotteitaan Seinäjoelle. CE-merkintä on pakollinen kaikissa vientiin kohdistuvissa tuotteissa, joten laitteisto on tarpeellinen monille yrityksille. Julkisivulaitteella voi testata esimerkiksi ikkunoita, ovia, julkisivuja, ulkoseinäelementtejä,

hirsiseiniä, parvekelasituksia sekä autotallin nosto-ovia. Yleisin syy testauksen epäonnistumiseen on huolimattomuus testattavan kappaleen valmistuksessa. Tuotekehitysprojekteissa on ollut rakenteellisia virheitä, mutta näissä tapauksissa virheet on korjattu ja uudet testit suoritettu onnistuneesti. Testi on epäonnistunut esimerkiksi tuotteen tiivistämisen tai kokoonpanovaiheessa tulleen inhimillisen virheen takia. Julkisivulaitteella on mahdollista tehdä myös muiden maiden standardien mukaisia testauksia. (Ala-Louko 2010.)

4 JULKISIVULAITTEEN TESTIMENETELMÄT

Talotehtaiden omat standardit ovat suunnitteluvaiheessa. Standardeissa määritetään yleispätevät testit, jotka ovat voimassa koko EU:n alueella ja tarpeellisia tuotteiden toimivuuden kannalta. (Ala-Louko 2010.)

4.1 Tiiviysmittaus

Tiiviysmittaus suoritetaan, koska halutaan erottaa asennuskehän ja laitteen vuodot pois mittaustuloksesta. Ensimmäiseksi tiivistetään julkisivulaite ilmatiiviiksi ja tukiin kaikki ilmaraot. Tiivistetään testattava kappale ilmatiiviiksi tiiviysmittausta varten. Testi aloitetaan kolmella positiivisen paineen alaisena olevalla pulssilla. Pulsit ovat suuruudeltaan joko 500 Pa tai 10 % suurempia kuin testissä käytettävä maksimipaine. Pulssin täytyy saavuttaa haluttu paine vähintään yhdessä sekunnissa ja sen tulee kestää vähintään kolme sekuntia. Jokaisen testissä saavutettavan paineen tulee portaittain kestää vähintään kymmenen sekuntia. Jokaisessa painejaksossa mitataan testattavan tuotteen ilmanpitävyyttä. Positiivisessa paineessa suoritettua testin jälkeen suoritetaan testi uudestaan negatiivisessa paineessa. (SFS-EN 12153, 6–7.)

4.2 Ilmanpitävyys

Ilmavuodot ovat yleisiä pientaloissa. Pääasialliset ilmavuotokohdat ovat ulkoseinien ja yläpohjan liitoksissa, ovien ja ikkunoiden liitoksissa, ulkoseinien ja välipohjan liitoksissa ja ilmansulun läpivientien kohdissa. Tyypillisimpiä ilmavuotoja ovat viivamaiset ilmavuodot, joita on yli puolet ilmavuodoista. Useimmat ilmavuodot ovat korjattavissa puutteellisen rakennustekniikan tai huolimattoman työsuorituksen takia suhteellisen helposti. (Hietanen 2010.)

Energiamääräykset kiristyvät rakennusallalla. Määräysten kiristyminen tarkoittaa, että ulkoseinien U-arvojen täytyy parantua ja samalla ilmanpitävyys merkitsee yhä enemmän. Rakennusten ilmanpitävyyttä on tutkittu jo useamman vuoden ajan. Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksella tehtiin laaja tutkimus ”Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous AISE”. Tutkimuksessa tutkittiin erilaisia uudehkoja asuntoja. Tutkimuksessa päästiin siihen lopputulokseen, että rakennus- ja asuntokohtaiset erot olivat merkittäviä. Tutkimuksia tarvittaisiin lisää rakennusten ilmanpitävyyden parantamiseksi. (Aaltonen & Vinha 2009, 328–330.)

Testimenetelmässä määritellään ilmanpitävyyttä julkisivuihin käytettävissä elementeissä positiivisen ja negatiivisen staattisen paineen alaisuudessa. Testimenetelmä on pätevä koko Euroopan alueella. Testissä aiheutetaan elementin pintojen välille paine-ero. Positiivisessa paineessa saatetaan elementin ulkopintaan ylipainetta ja negatiivisessa paineessa alipainetta. Ilmanpitävyyttä mitataan silloin, kun elementti on paineen alaisena. Ilmavuoto mitataan kuutiometreissä tunnin aikana. Testin paine-erot mitataan Pascaleissa. (SFS-EN 12152, 4.)

4.3 Sateenpitävyys

Sade muodostuu tiivistyvistä vesihöyryistä. Yleisintä sadetta ovat vesi-, tihku-, räntä- ja lumisade. Suomen ilmastolle on normaalia kosteus- ja sadeolojen epäsäännöllinen vaihtelu. Tämän takia Suomessa on pidetty pitkän aikaa havaintoihin perustuvia tilastoja, joita voidaan hyödyntää rakenneratkaisuja tehtäessä. Pitää kuitenkin edellyttää, että suuria ilmastonmuutoksia ei tule. Peruseriaatteena on, että Suomessa sataa kaikkina vuodenaikoina ja sadepäiviä on melko paljon. Kesällä sataa vettä ja talvella lunta. Pohjoisessa sataa vähemmän kuin etelässä. Kuitenkin paikkakunnittain on suuria eroja. Sateisimmat kuukaudet ovat yleisemmin loppukesästä syksyyn eli heinä-, elo-, syys- ja lokakuu. Sademäärät vaihtelevat paljon. Joskus ei sada pitkänä aikavälinä mitään ja toisaalta yhden päivän aikana voi sataa useita senttimetrejä. (Siikanen 1996, 19–20.)

Sadevesi on kaikista rakennusta rasittavista voimista näkyvin. Sateesta aiheutuva vedenpaine kohdistuu rakennuksessa eniten vesikattoon sekä ulkoseiniin. Ulkoseinärakenteen kannalta on kaikkein tärkein saada rakenteet suojattua viistosateelta. Viistosade kohdistuu pystysuoriin ulkoseiniin tuulen paineen myötävaikutuksesta. Tuulesta johtuen sadepisarat tunkeutuvat ulkoverhouksen raoista sekä koloista verhouksen läpi tai taakse. Tuulenpyörteessä vesi voi jopa kiivetä julkisivua pitkin ylöspäin seinärakenteessa. Viistosade tulee yleisimmin lounaasta. (Siikanen 1998, 111.)

Maanpäällisiä seiniä suunniteltaessa on otettava huomioon roiske- ja vajovesi. Talon kattorakenteita suunniteltaessa on huomioitava mahdollisimman suuri vesikaton räystäs, koska se estää veden pääsemisen yläpohjarakenteisiin. Ulkoverhouksen asentamisessa tulee aina olla ilmarako verhouksen ja ulkoseinän välissä kosteuden tuulettumisen takia. (Siikanen 1998, 111.)

4.4 Tuulenpaineen kestävyys

Tuuli on ilmakehässä tapahtuvaa ilman liikettä, joka aiheutuu alueellisista ilmanpaine-eroista. Tuuli on aina jossakin määrin pyörteistä, jolloin sillä on rakennusteknisesti merkitystä. Virtaus- ja painejakaumaan rakennusten pinnoille vaikuttaa useat tekijät, mm. tuulen nopeus ja suunta, rakennuksen mittasuhteet, maaston korkeuserot, kasvillisuus, ympäristössä sijaitsevat rakennukset tai muut virtausta rajoittavat esteet ja rakennuksessa olevien aukkojen sijainti tuulen suuntaan nähden. Tuuli aiheuttaa rakenteisiin painetta ja imua. Lisäksi tuulet vaikuttavat huone-tilojen ilmanpainevaihteluihin. Ilmanpainevaihtelut puolestaan vaikuttavat rakenteiden jäykistykseen ja mitoitukseen, pintakerrosten kiinnitykseen ja tiiviyyteen, rakennuksen energiankulutukseen ja kosteuden kulkeutumiseen rakenteissa. Tuuli ei ole perinteisesti luokiteltu merkittäväksi rasisustekijäksi, vaan siitä on pyritty ottamaan talteen sen sisältämä energia. (Siikanen 1996, 13.)

Tuulen aiheuttama yli- tai alipaine voidaan laskea kaavasta (1):

$$p = c * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \quad (1)$$

jossa p on yli- tai alipaine rakennuksen ulkoseinämällä (Pa)
 c on rakennuksen muodosta ja tuulen suunnasta riippuva vakio.
 ρ on ulkoilman tiheys [kg/m^3].
 v on tuulen nopeus [m/s].

Vakion c -arvot vaihtelevat riippuen tutkijasta. Yksittäisen rakennuksen tuulenpaine kenttää on vaikea kartoittaa tarkasti, koska häirtatekijöitä on runsaasti. Svenska Byggnorm antaa vakiolle arvoja tuulenpuoleiselle seinälle +0,7, suojanpuoleiselle seinälle -0,5 ja tuulen suuntaiselle seinälle -0,6...-1,2. (Siikanen 1996, 14.)

Tuulen nopeus voidaan laskea kaavasta (2):

$$V = \beta * V_M \quad (2)$$

jossa V on rakennuksen kohtaavan tuulen nopeus (m/s).
 β on tuulisuuskertoimen (taulukossa 2.)
 V_M on lähimmällä säähavaintoasemalla mitattu tuulen nopeus.

Taulukko 2. Ympäröivän maaston muodosta riippuvan tuulisuuskertoimen β ohjeellinen arvo. (Siikanen 1996, 16.)

Maaston tyyppi	β
Avoim kenttä	1,00
Puutarha, harvaa puustoa	0,70
Väljä pientaloalue	0,50
Metsä, tiheä pientaloalue	0,35
Kerrostalojen suojaama alue	0,27
Kaupunkien keskiosat	0,18

5 JULKISIVUJÄRJESTELMIEN LUOKITUKSET

Julkisivujärjestelmien luokitukset tulevat monesta eri SFS-EN standardista. Luokitukset ovat yleispäteviä määritelmiä testattaville kappaleille. Luokittelu toteutetaan standardin mukaan 600 Pascaliin asti valmiilla luokkanumerolla esim. ilmanläpäisevyysluokka A4. Mikäli tuote testataan yli 600 Pa:n paineeseen luokitus ilmoitetaan testipaineen mukaan esim. testipaine 900 Pa AE900.

Kaikki testit tehdään standardin mukaisessa järjestyksessä kahteen kertaan, joista jälkimmäinen testi on määräävä.

5.1 Ilmanpitävyysluokitukset

Ensimmäisenä ilmanpitävyytestaukseen valitaan taulukosta 3 maksimipaine tuotteen luokitusta varten.

Taulukko 3. Ilmanläpäisevyysluokitukset kokonaispinta-alalle. (SFS-EN 12152, 6.)

Maksimipaine P_{\max} (Pa)	Ilmanläpäisevyys $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	Luokka
150	1,5	A1
300	1,5	A2
450	1,5	A3
600	1,5	A4
> 600	1,5	AE

Testin aikana paine nousee 150 Pascaliin asti 50 Pascalin ja siitä eteenpäin 150 Pascalin välein. Tiiviysmittaus suoritetaan ennen ilmanpitävyystestiä. Tiiviysmittauksessa huomioidaan asennuskehän ja laitteen vuodot. (SFS-EN 12152, 6.)

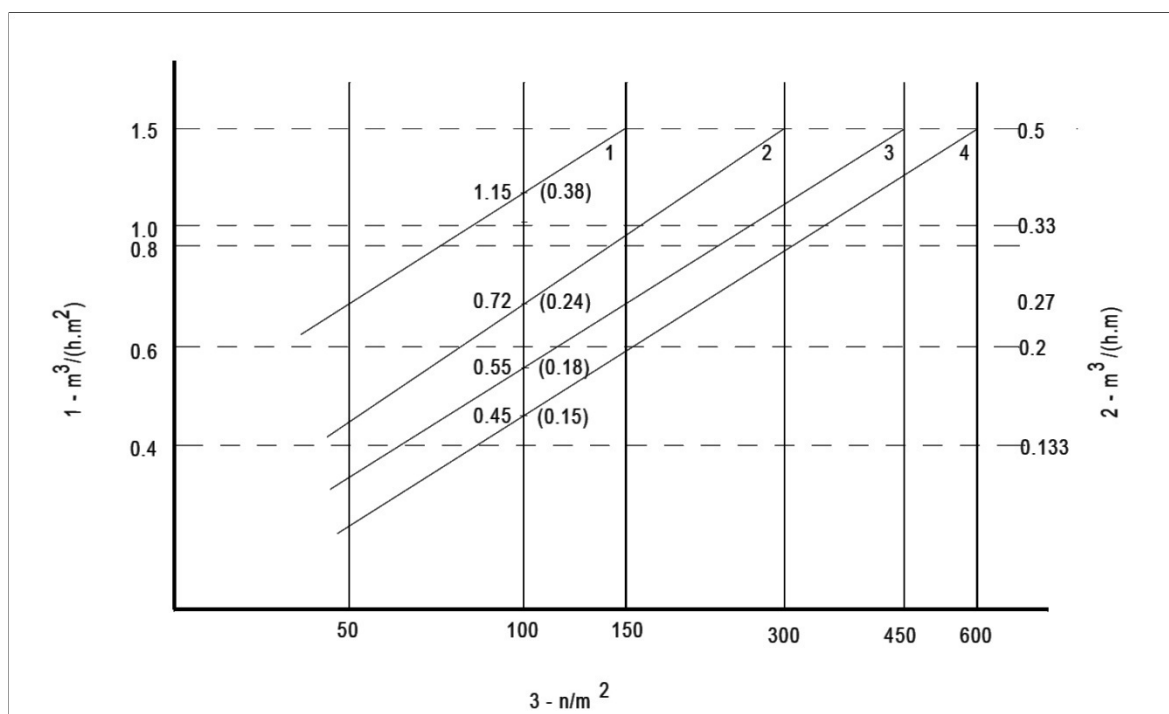
Taulukossa 4 ilmanpitävyysluokitukset ovat myös voimassa sauman pituuden mukaan. Saumojen pituus määritellään siten, että lasketaan kaikki elementin liikkuvat saumat yhteen (SFS-EN 12153 2000, 6).

Taulukko 4. Ilmanläpäisevyysluokitukset saumojen pituudelle. (SFS-EN 12152, 6.)

Maksimipaine P_{\max} (Pa)	Ilmanläpäisevyys $\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$	Luokka
150	0,5	A1
300	0,5	A2
450	0,5	A3
600	0,5	A4
> 600	0,5	AE

Testin alussa elementti altistetaan kolmelle joko 500 Pa tai 10 % suuremmalle kuin testin maksimipaineen suuruiseen pulssille. Paineen tulee nousta aikaisintaan sekunnin kuluttua haluttuun paineeseen ja pulssin tulee pysyä stabiilina kolme sekuntia. Testin aikana ohjelmoitujen pulssien pitää jokaisen kestää vähintään kymmenen sekuntia. Negatiivisen paineen alla testi toistetaan samanlaisena kuin positiivisen paineen alla. (SFS-EN 12153, 7.)

Kuviossa 3 on havaittavissa lineaarisesti kasvavia suoria. Kuvio esittää sallitut maksimi ilmanläpäisevyysarvot luokkaan A4 asti (SFS-EN 12152:2002, 6). Kuvion vasemmalla puolella on pystysuuntaisella akselilla kappaleen neliöihin sidottu asteikko $1 - (\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2)$, vaaka-akselilla on asteikko Pascaleina $3 - (\text{n}/\text{m}^2)$ ja oikealla pystysuuntainen asteikko kappaleen sauman pituuden mukaan $2 - (\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m})$.



Kuvio 3. Luokitus maksimi ilmanläpäisevyydelle. (SFS-EN 12152:2002, 7.)

5.2 Sateenpitävyysluokitukset

Sateenpitävyyden testauksessa valitaan ensimmäiseksi käytettävä maksimipaine. Paine valitaan taulukon 5 mukaisesti.

Taulukko 5. Sateenpitävyysluokitukset. (SFS-EN 12154, 6.)

Maksimipaine testauksessa P_{max} Pa	Luokitus
150	R4
300	R5
450	R6
600	R7
Yli 600	RE xxx

Maksimipaineen ollessa alle 150 Pascalia testattavan kappaleen vuotaessa ei luokitusta voida antaa. Paineen ollessa yli 600 Pascalia ilman vesivuotoja kappale saa luokituksen RE (Exceptional) ja perään laitetaan testissä käytetty paine. Testi aloitetaan kolmella positiivisessa paineessa olevilla pulsseilla. Vaihtoehdot pulssien paineelle on joko 500 Pascalia tai 10 % suurempi kuin testauksessa valittu

maksimipaine. Paineista valitaan suurempi. Kammion paineen täytyy nousta pulssin määräämään paineeseen ainakin sekunnin aikana ja pulssin pitää kestää vähintään kolme sekuntia. Tämän jälkeen alkaa sadetus. (SFS-EN 12155, 6.)

Sadetuksessa vesimäärä on 2 litraa/m²/min koko testijakson ajan. 15 minuutin paineettoman sadetuksen jälkeen paine nousee paineaskeleiden mukaisesti maksimi testipaineeseen. Koko testin ajan tarkkaillaan testattavaa kappaletta mahdollisilta vesivuodoilta. (SFS-EN 12155, 6.)

Taulukko 6. Paineportaat. (SFS-EN 12154, 5.)

Luokitus	Paineen askeleet (Pa) / testin kesto (min)	Sadetuksen määrä l/min*m2
R4	0/15; 50/5; 100/5; 150/5	2
R5	0/15; 50/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5	2
R6	0/15; 50/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5; 450/5	2
R7	0/15; 50/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5; 450/5; 600/5	2
RE xxx	0/15; 50/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5; 450/5; 600/5; yli 600/5 150 Pa välein kestoaltaan 5 min.	2

Painekammioon on asennettu muunneltavissa oleva putkisto, josta suihkutetaan vettä testattavan kappaleen pintaan. Suihkutusjärjestelmän suuttimet on asennettava tasaiseksi ja yhtenäiseksi verkostoksi. Suuttimien välimatka testattavaan kappaleeseen täytyy olla yhtenäinen. Suuttimien ominaisuudet ja etäisyys testattavasta tuotteesta on määritelty standardissa.

Suuttimien ominaisuudet ovat

- suihkutuksessa täydellinen ympyräkartio
- suihkun hajoituskulma välillä 90- 120 astetta
- painealue 2-3 baaria valmistajan ohjeistuksen mukaan.

Testauksessa on sallittavaa käyttää normaalia vesijohtovettä kuitenkin ottaen huomioon, että vesi on riittävän puhdasta suuttimien auki pitämiseen koko testin

ajaksi. Erillisiä valmisteluja ei tarvita sateenpitävyyteen, koska testi suoritetaan ilmanpitävyydestin jälkeen. (SFS-EN 12155, 5.)

5.3 Tuulenpaineen kestävyysluokitukset

Tuulenpainetestauksen valmistelussa asennetaan optiset laitteet mittaamaan testattavan elementin suurinta taipumaa ja kiinnitysten liikkumista (SFS-EN 12179, 6.) Mittalaitteet asennetaan elementissä kohtiin, joihin muodostuu suurimmat taipumat. Kuviossa 4 on nähtävissä optista laitteistoa.



Kuvio 4. Optinen mittalaite taipuman tarkasteluun elementin alareunassa.

Tuulenpainetestä aloitetaan samalla tavalla kuin ilmanpitävyydestä. Elementtiin kohdistetaan kolme kappaletta positiivisen paineen alla olevia pulsseja joko 500 Pa tai 10 % suurempia kuin testissä käytettävä maksimipaine. Taipumaa mittaavat

laitteet resetoitetaan ja kalibroidaan nolaksi. Testin aikana tapahtuvat muutokset elementtiin tallentuvat automaattisesti laitteiston muistiin. Testi ohjelmoidaan suorittamaan neljä kappaletta erilaisia painepulsseja. Pulssit ovat 25 %, 50 %, 75 % ja 100 % suunnitellusta tuulenpaineesta. Testin aikana mitataan elementin taipumat ja liikkuminen. (SFS-EN 12179, 6–7.)

Testattavan elementin taipuman tulee alittaa alipaine- ja ylipainetestauksessa vaatimukset mitoitettussa tuulikuormassa. Elementin taipuma ei saa ylittää runkotoipan pituuteen sidottua arvoa $l/200$ tai 15 mm. Mitta otetaan runkotoipan ja liitosten välisestä pituudesta. Testin aikana tulleen paineen vaikutuksesta taipuneen kappaleen täytyy palata 95-prosenttisesti alkuperäiseen muotoonsa yhden tunnin aikana. Runkotoipan liitoksissa ei saa tapahtua liikkumista yhtä millimetriä enempää ja liikkuminen ei saa vaikuttaa liitoksen toimivuuteen. Testi suoritetaan kahteen kertaan ja testeissä ei saa olla enempää kuin $0,3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ eroavaisuuksia ilmanläpäisevyyden osalta. Suurimman sallitun kuormituksen eli 1,5 kertaa mitoitettun tuulikuorman arvolla elementtiin ei saa tulla pysyviä vaurioita. (SFS-EN 13116, 5.)

6 JULKISIVUELEMENTIN TESTAUS

Julkisivuelementin testaus suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. tiiviysmittaus
2. ilmanpitävyys
3. sateenpitävyys
4. tuulenpaineen kesto
5. tulosten tarkastelu ja dokumentointi.

6.1 Valmistelu

Julkisivuelementin testaus aloitetaan valmistelemalla sopivan kokoinen asennuskehä (liite 2) asentoon, johon on helppo asentaa itse testattava elementti. Tässä tapauksessa kehä asetettiin vaakatasoon apukannattimien päälle (kuvio 5).



Kuvio 5. Asennuskehä vaakasuorassa apukannattimien päällä.

Valmisteluun kuuluu asennuskehän mahdollisimman hyvä tiivistäminen. Testaukseen valmisteltu puurakenteinen ulkoseinäelementti on 2610 mm korkea ja asennuskehän aukko on sisämitoiltaan 4050 mm korkeussuunnassa, joten elementin yläpuolelle on asennettava täytettä. Tässä tapauksessa käytettiin vesivanerilla vahvistettua puurunkoista elementtiä (liite 3) Kahden elementin väliin asennetaan vaakasuoraan palkki, joka ottaa taipuman vastaan asennuskehän ylimääräiseltä osalta. Testauksessa käytettiin liimapuupalkkia, joka oli kooltaan 90 x 225 mm. Asennuskehä on materiaailtaan terästä. Kehä on rakennettu 140 x 60 mm kokoisista U-palkeista, joiden sisällä on 50 x 120 mm massiivipuuta. Tähän puiseen sisustaan on mahdollista kiinnittää oma testattava elementti. Liimapuupalkki asennettiin teräslevyjä sekä ruuveja apuna käyttäen kiinni asennuskehään (kuvio 6).



Kuvio 6. Vanerielementti ja liimapuupalkki asennettuina asennuskehään.

6.2 Asennuskehän asentaminen

Seuraavana valmisteluvaiheena oli itse elementin asennus. Elementti nostettiin trukin nostokoukulla asennuskehän apukannattimien päälle. Elementti laskettiin varovaisesti sille tarkoitetulle paikalle ja ruuvattiin kiinni teräslevyjä ja ruuveja käyttäen (kuvio 7).



Kuvio 7. Ulkoseinäelementti teräslevyin ja ruuvein kiinnitettynä.

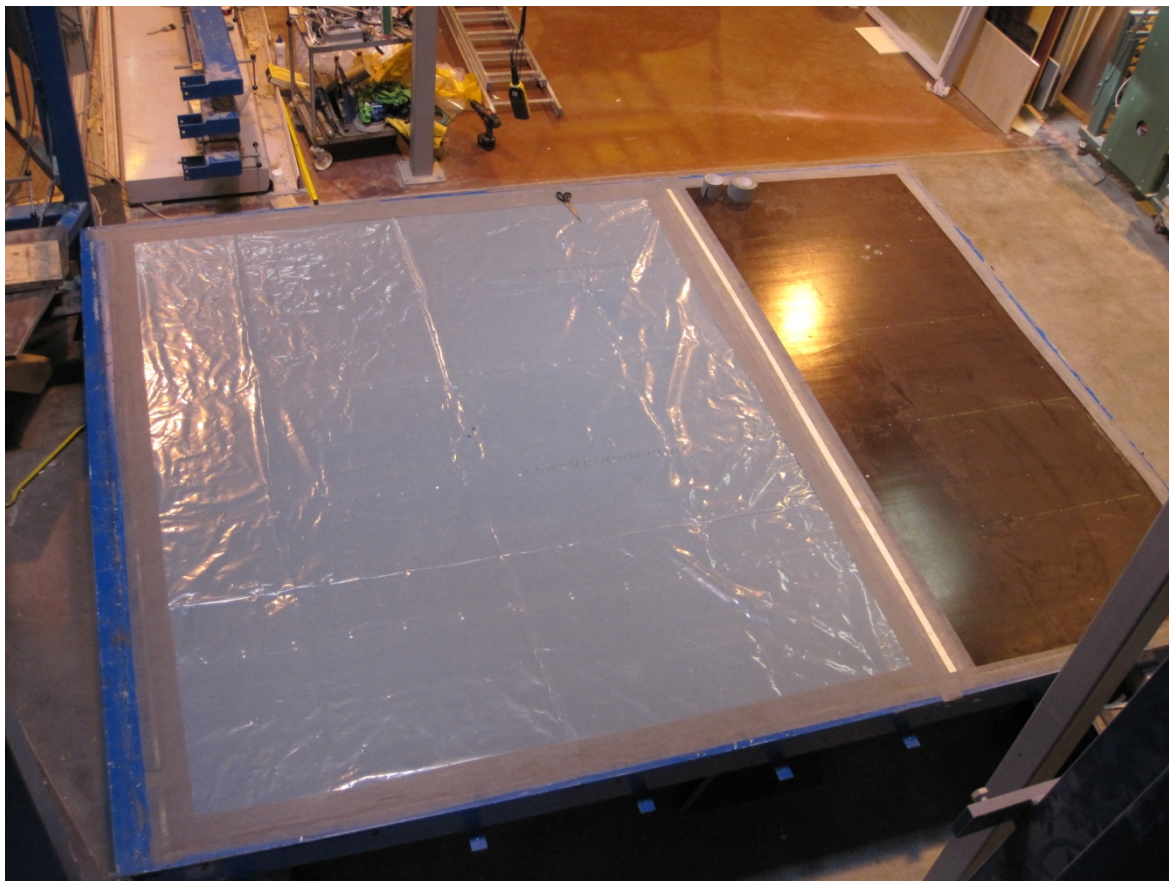
Ulkoseinäelementin kiinnittämisen jälkeen asennuskehän tiivistäminen on tärkeää testin oikeellisuuden takaamiseksi. Elementtien sekä palkin saumakohtien tiivistäminen tehdään polyuretaanilla. Polyuretaani turpoaa asennettaessa tiivistäen saumakohdat ilma- ja kosteusvuodoilta. Polyuretaanin on annettava kuivua ja turvota rauhassa. Polyuretaanin kuivuttua saumakohdat vielä varmistetaan teippaamalla Permo HD -teipillä. Permo HD -teippi on ilman- ja vedenpitävää akryyliteippiä (kuvio 8).



Kuvio 8. Saumat on tiivistetty polyuretaanilla sekä Permo HD -teipillä.

6.3 Tiiviysmittaus

Nyt asennuskehä on valmis ilmanpitävyysmittauksen tekemiseen. Seuraava vaihe on tutkia asennuskehän vuotokohtat. Asennuskehään asetetaan ilmaa läpäisemättömä kalvo tutkittavan elementin yli. Testauksessa käytettiin muovikalvoa. Muovikalvo ei päästä ilmaa lävitseen ja asennuskehän asennuksen jälkeen on mahdollisuus havaita koko kehän ilmavuodot (kuvio 9).



Kuvio 9. Ilmaa läpäisemätön kalvo asennettuna tiiviysmittausta varten.

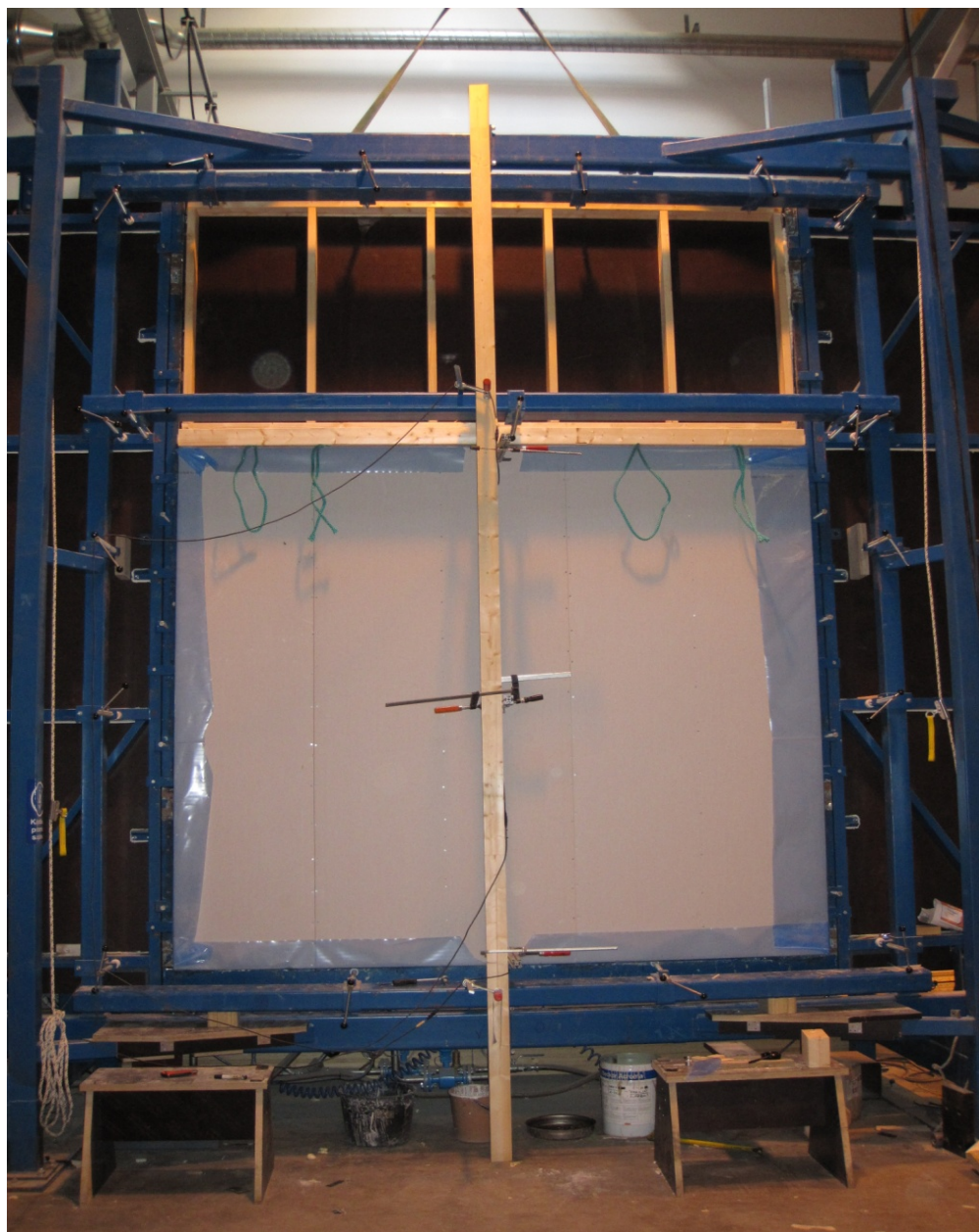
Asennuskehä kiinnitettiin ulkopuolelta painekammioon lattarautojen sekä teräksien välitukien avulla. Teräksisiä välitukia asennettiin kolme kappaletta; yksi kappale ylös, yksi alas ja yksi keskelle. Paineammion sisäpuolelta tiivistettiin asennuskehän sekä kammion saumakohtat Permo HD -teippauksella.

Paineammion paineen tasaaminen tapahtuu ali- ja ylipaineventtiilien sekä kammion väliin asennetun laipan avulla. Mitä vähemmän ilmavuotoja on kammion sisä- ja ulkopuolen välillä, sitä pienempi laippa tarvitaan. Testissä käytettiin laippaa, jossa oli 35 mm:n kokoinen reikä (kuvio 10).



Kuvio 10. Painetta tasaava laippa.

Laippaa on mahdollista vaihtaa sopivaksi testattavan kappaleen kanssa. Vuoto-kohtien koon mukaan valitaan riittävän suuri laippa paineen tasaamiseen. Ennen ilmanpitävyydestestauksen aloittamista asennettiin vielä optiset etäisyysmittarit mitaamaan elementin taipumia. Laite kalibroitiin tiivistyskokeella, josta on havaittavissa kammion saumakohtien mahdolliset vuotokohdat.



Kuvio 11. Etäisyysmittarit asennettuna.

Julkisivulaitteen keskellä on havaittavissa kolme kappaletta etäisyysmittareita (kuvio 11.) Tiiviysmittauksen aikana tarkastellaan ulkoisten muutosten takia koko elementtiä.

Tiiviysmittaus aloitetaan valitsemalla maksimipaine kammioon. Testauksessa käytettiin 1200 Pascalia ja 1050 ali- ja ylipainetta maksimipaineena. 1050 Pascalin alipainetesti tiiviysmittauksessa suoritettiin taulukossa 7 esitetyllä tavalla.

Taulukko 7. Tiiviysmittaus 1050 Pascalin alipaineessa.

	Rivi				Paine kammiossa				
	tavoite Pa	mittaus Pa	P ₁ virhe %	aika s	nousu t ₁			taso aika t ₂	
					mittaus s	virhe s	aika s	mittaus s	virhe s
1	-1155	-1154	5	7	28	1,5	15	15	0
2	0	49	5	7	16	1,5	7	7	0
3	-1155	-1154	5	7	24	1,5	15	15	0
4	0	50	5	7	16	1,5	7	7	0
5	-1155	-1156	5	7	24	1,5	15	15	0
6	0	42	5	7	16	1,5	7	7	0
7	0	32	0	0	0	0,0	0	0	0
8	0	31	0	0	0	0,0	0	0	0
9	-50	-51	3	5	3	1,5	30	30	0
10	-100	-100	3	5	61	1,5	30	30	0
11	-150	-149	3	5	33	1,5	30	30	0
12	-200	-200	2	5	35	1,5	30	30	0
13	-250	-250	1	5	36	1,5	30	30	0
14	-300	-300	1	5	34	1,5	30	30	0
15	-450	-451	1	5	33	1,5	30	30	0
16	-600	-599	1	5	27	1,5	30	30	0
17	-750	-749	1	5	24	1,5	30	30	0
18	-900	-900	1	5	23	1,5	30	30	0
19	-1050	-1050	1	5	20	1,5	30	30	0
20	0	51	10	10	20	1,5	3	3	0
21	0	52	0	0	0	0,0	0	0	0

Ensimmäisenä annettiin kolme kappaletta joko 500 Pascalin tai tässä tapauksessa 10 % suurempia kuin maksimipaine eli 1155 Pascalin kokoisia pulsseja, joiden taso aika eli kesto kyseisessä paineessa oli 15 sekuntia. Tämän jälkeen testi jatkui 30 sekunnin mittaisilla portaittain nousevilla paineaskelmilla alkaen 50 Pascalista ja päättyen aina maksimipaineeseen eli 1050 Pascaliin saakka. Mittaus suoritettiin ali- ja ylipaineessa identtisillä testeillä.

6.4 Ilmanpitävyys

Ilmanpitävyystesti aloitetaan poistamalla ilmaa läpäisemätön kalvo testattavan elementin ja kammion välistä. Paineenkammion sivusta aukaistiin pulteilla kiinnitetty luukku ja muovi poistettiin elementistä. Luukku (kuvio 12) suljettiin ja julkisivulaite oli valmiina testaukseen.



Kuvio 12. Julkisivulaitteen sivusta avattava luukku.

Ilmanpitävyydestä suoritetaan samalla tavalla kuin tiiviysmittaus eli taulukossa 8 on nähtävissä ensin suoritettavan ylipainetestin kulku.

Taulukko 8. Ilmanpitävyyssmittaus 1200 Pascalia.

Rivi	Paine kammiossa								
	tavoite	P ₁	virhe	nousu t ₁			taso aika t ₂		
	Pa	mittaus		aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s
1	1320	1320	5	7	22	1,5	15	15	0
2	0	32	5	7	21	1,5	7	7	0
3	1320	1322	5	7	20	1,5	15	15	0
4	0	34	5	7	22	1,5	7	7	0
5	1320	1321	5	7	21	1,5	15	15	0
6	0	34	5	7	21	1,5	7	7	0
7	0	22	0	0	0	0,0	0	0	0
8	0	22	0	0	0	0,0	0	0	0
9	50	50	5	5	45	1,5	30	30	0
10	100	99	5	5	35	1,5	30	30	0
11	150	149	5	5	25	1,5	30	30	0
12	200	200	3	5	25	1,5	30	30	0
13	250	250	2	5	24	1,5	30	30	0
14	300	300	1	5	30	1,5	30	30	0
15	450	451	1	5	30	1,5	30	30	0
16	600	599	1	5	26	1,5	30	30	0
17	750	750	1	5	23	1,5	30	30	0
18	900	899	1	5	21	1,5	30	30	0
19	1050	1050	1	5	17	1,5	30	30	0
20	1200	1200	1	5	16	1,5	30	30	0
21	0	42	10	10	27	1,5	3	3	0
22	0	36	0	0	0	0,0	0	0	0

Ylipainetestin jälkeen suoritetaan samalla paineella alipainetestä. Julkisivulaitteella testattiin vielä 1050 Pascalin paineessa molemmat testit.

6.5 Sateenpitävyys

Sateenpitävyydessä standardien mukaan tulee sadettaa testattavaa kappaletta vähintään kaksi litraa vettä minuutissa pinta-alan neliötä kohti. Tässä tapauksessa testattava kappale on noin kahdeksan neliötä pinta-alaltaan, joten vähimmäisvaatimus sadetukselle on 16 litraa minuutissa. Testissä käytettiin 19 litraa minuutissa. Testi alkoi kolmella 660 Pascalin suuruisella painepulssilla, joiden tasoaikana oli vain kolme sekuntia. Seuraavana alkoi itse sadetus, jossa painetta nostettiin 50 Pascalin välein nolasta aina 600 Pascaliin saakka. Taso aika oli aina viisi minuuttia jokaisella askeleella.

Sadetusta säädeltiin manuaalisen venttiilin avulla oikean suuruiseksi. Testin aikana tehtiin havaintoja elementin ulkopuolelta ja saumakohdista mahdollisten vuotojen paikallistamiseksi. Kammiosta poistuva vesi ohjattiin putkea pitkin viemäriin. Kammion ja viemärin välinen korkeusero oli sen verran pieni, että veden poistoon tarvitsi välillä nostella putkea, jotta vesi poistui kokonaan valuma-altaasta. Kuviossa 13 nähdään veden poistoa. Sateenpitävyystestin jälkeen lopetettiin veden suihkutusta ja siirryttiin tuulenpainetestiin.



Kuvio 13. Veden poistoputki.

6.6 Tuulenpaineen kesto

Maksimipaineeksi määritettiin 600 Pascalia. Tuulenpainetesti alkoi kolmella positiivisessa paineessa olevilla painepulssilla, jotka olivat kymmenen prosenttia suurempia kuin maksimipaine eli yhteensä 660 Pascalia tasoajan ollessa kolme sekuntia. Seuraavat painepulssit nousivat 150 Pascalia kerrallaan nolasta 600 Pascaliin tasoajan ollessa 15 sekuntia. Positiivisen paineen alla tehdyn testin jälkeen suoritettiin negatiivisen paineen alla identtinen testi. Testit suoritettiin kahteen kertaan.

7 TULOKSET

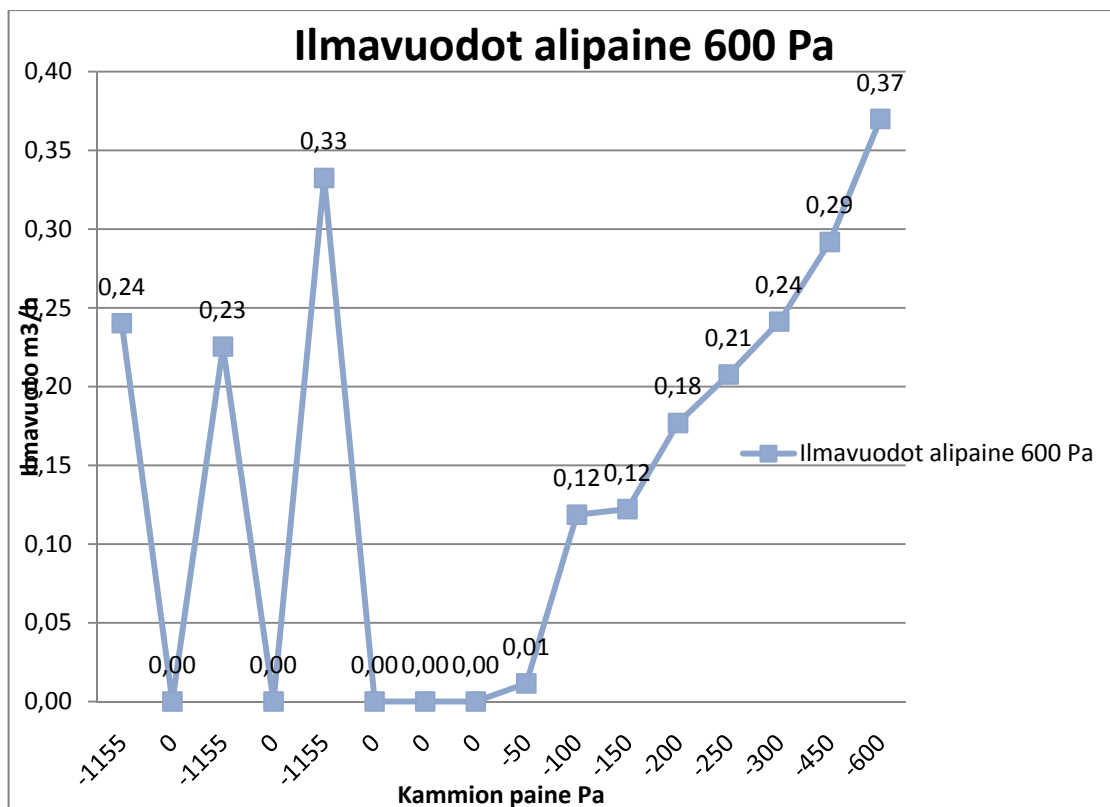
Tässä kappaleessa käydään läpi tutkimuksessa saadut tulokset kaikkien testien osalta.

7.1 Tiiviys

Tiiviiden tulokset ovat suuntaa antavia, mutta tuloksista ei saa aluksi mitään konkreettista tietoa, koska tiivysmittauksien tuloksia verrataan myöhemmin ilmanpitävyydestien ilmavuotojen määriin. Liitteissä 4, 5, 6 ja 7 nähdään tiiviystuloksia eri painetestien aikana.

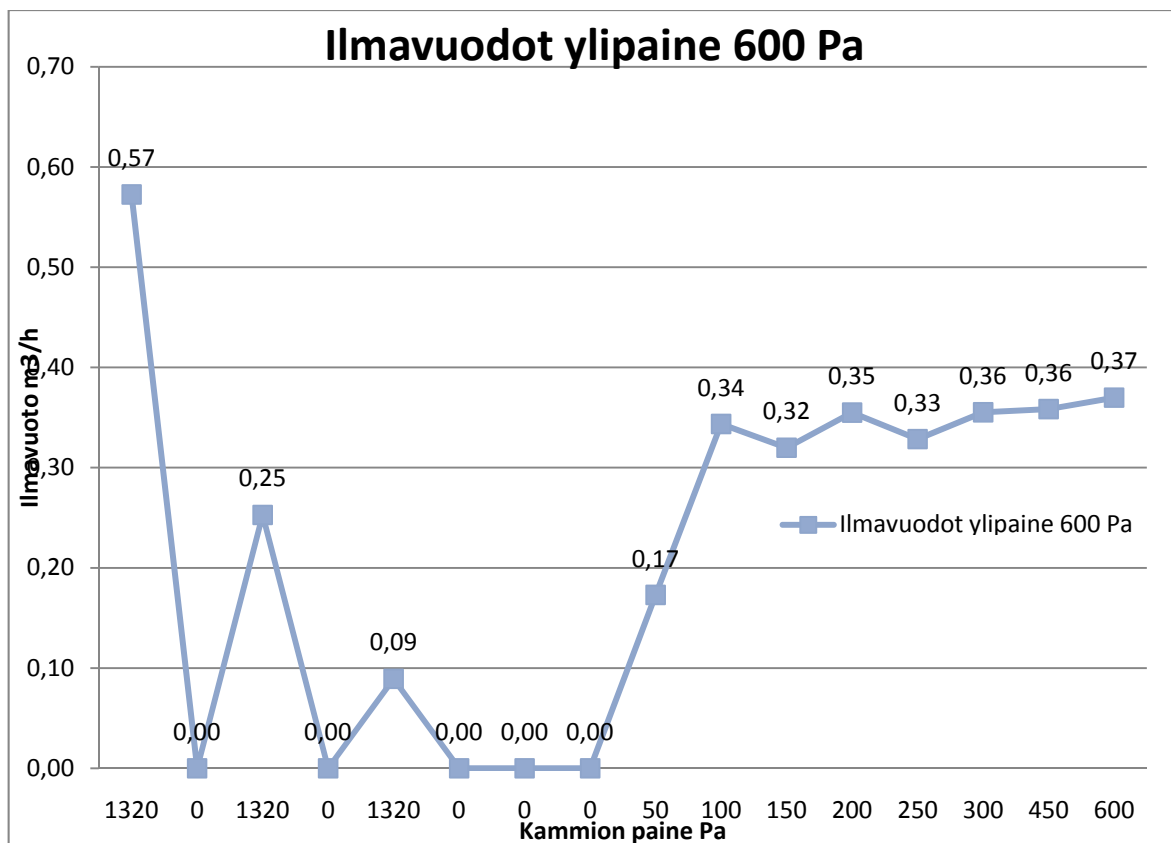
7.2 Ilmanpitävyys

Ilmanpitävyydestissä verrattiin tiiviystestissä saatuja arvoja toisiinsa. Muovi poistettiin tiiviystestin jälkeen. Muovin poistamisen jälkeen oli havaittavissa ainoastaan elementin läpi pääsevät ilmavuodot. Kuviossa 14 nähdään ilmavuodot, jotka on sidottu elementin pinta-alaan.



Kuvio 14. Ilmavuodot graafisesti 600 Pa saakka.

Kuviossa 14 oleva otos on 1050 Pa suuruisesta alipainemittauksesta, josta graafisesti on kuvattu vain 600 Pascaliin saakka nouseva tulos standardien luokitusten mukaisesti. Taulukon 2 mukaan elementin ilmanpitävyys luokitellaan siten, että ilmavuodon tulee olla alle $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Elementille tulee alipainemittauksessa tulokseksi $0,37 \text{ m}^3/\text{h}$. Alipainemittauksen luokitukseksi tulee AE eli paras luokka. Kuviossa 15 nähdään ilmavuodot ylipainetestin aikana.



Kuvio 15. Mittaustuloksia 1200 Pa ylipainetestauksesta 600 Pa saakka.

Mittaustuloksissa saatiin sama lopputulos eli 0,37 m³/h 600 Pascalissa. Ylipainetestin luokitus on sama kuin alipainetestauksessa eli luokituksesta tulee AE.

7.3 Sateenpitävyys

Sateenpitävyystestissä mittaustulos on tarkasteltavissa kosteuden kertymisenä elementtiin. Käytimme GANN Hydrometer HT 65 -pintakosteusmittaria (kuvio 16.) kosteusvaurioiden havaitsemiseen. Elementti ei kastunut testauksessa mistään kohdasta.



Kuvio 16. GANN Hydrometer 65.

7.4 Tuulenpaineen kesto

Tuulenpaineen kestävyyttä mitattiin viimeisenä sadetuksen jälkeen. Tuulenpainetestin maksimi taipumat olivat todella pieniä. Ylipaineessa sekä alipaineessa taipumat olivat enintään 0,7 mm, kun raja-arvona on 13,05 mm.

8 YHTEENVETO

Seinäelementti on rakennettu uusien määritysten mukaisesti ja hyvää rakennustapaa noudattaen. Elementin asentaminen kehään ja kehän asentaminen painekammioon on helppoa ja suhteellisen nopeaa. Asennuskehän ja painekammion välinen liitos on todella hankala saada täysin ilmatiiviiksi. Asennuskehä täytyy asentaa painekammioon todella huolellisesti ilmavuotojen välttämiseksi. Ilmavuodot on mahdollista havaita mittaustulosten kasvaessa luonnottoman nopeasti suuriin lukemiin.

Seinäelementin rakentaminen tuplarunkoiseksi on sekä hyvä että huono asia. Uusien rakennusmääräyksien mukaisia seinärakenteita on tutkittu, mutta ei riittävästi rakenteen toimivuuden kannalta. Huonoa on myös suurempi mahdollisuus rakennusvirheisiin ja edelleen kosteus- ja homevaurioihin. Hyvää uudentyyppisissä elementeissä on esimerkiksi ilmansulun kiertäminen yhtämittaisena koko rakennuksen ympäri. Aikaisemmin on tarvinnut tehdä reikiä sähköjen asennusta varten, kun uuden tyyppisissä elementeissä sähköputket jäävät höyrynsulkumuovin sisäpuolelle säilyttäen muovin ehjänä. Seinäelementit ovat myös entistä energiatehokkaampia ainakin eristeiden osalta.

Ehjänä säilyvän höyrynsulkumuovin takia seinäelementti on todella ilmatiivis. Ilmatiiviyttä kuvaa hyvin standardin paras arvo, johon verrattuna testattu seinäelementti on neljä kertaa tiiviimpi. Ilmatiiviyttä voi silti vielä parantaa tuulensuojalevyn mahdollisimman huolellisella asentamisella. Testauksesta huomaa hyvin, että sekä ylipaineessa että alipaineessa tulokset ovat todella pieniä ja huolellisuudella on suuri merkitys tuloksessa.

Sateenpitävyystestissä vettä suihkutettiin paljon, mutta silti elementti ei kastunut tuulensuojalevyn sisäpuolelta yhtään. Levyn asennuksessa tulee huomioida, etteivät tuulensuojalevyn kiinnikkeet riko levyn ulkopinnan kartonkia. Uuden tyyppisessä KXT-tuulensuojalevyssä on parempi kestävyys ulkopuolelta rasittavia voimia vastaan, joten levy soveltuu hyvin testaukseen ja elementtiin.

Tuulenpaineenkesto on erinomainen rakenteen paksuudesta johtuen. Elementin rakenne on n. 250 mm paksu, joten on selvää, etteivät taipumat tule olemaan ongelmana tuulenpainetta testattaessa. Elementti on hyvin jäykkä, vaikka runko ei olekaan enää yhdestä massiivipuusta rakennettu.

Testaukset menivät hyvin molempien osapuolten mielestä. Tuotekehitysprojekti mahdollisti lähemmän tarkastelun seinäelementin osalta. Toimeksiantaja alkaa käyttää testattavaa elementtiä tuotannossaan pientalojen rakentamisessa. Julkisivulaitetestauksen jälkeen aloitettiin lisätutkimukset rakennuksen ilmanpitävyydestä. Opinnäytetyö tehtiin n_{50} -mittauksesta erilaisiin pientaloihin. Tutkimuksesta on myös jatkossa hyötyä talotehtaan tuotteiden kehittämisessä.

Tutkimuksen tuloksena yritykselle saatiin kustannustehokas sekä toimiva rakenne ulkoseinäelementteihin. Rakenne täyttää asetukset sekä lait. Elementti on helppo rakentaa tehtaalla, jolloin kustannukset pysyvät matalana loppukuluttajalle saakka. Elementin rakenne mahdollistaa myös yrityksen kilpailukyvyn koko ajan kovenevilla markkinoilla.

LÄHTEET

- Aaltonen, A. & Vinha, J. 2009. Kerrostalon ilmanpitävyyden määrittäminen koko portaalin mittauksena. Teoksessa: J. Vinha & K. Lähdesmäki (toim.). Rakennusfysiikka, 2009, Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut 27. - 29.10.2009, Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Ala-Louko, M. 2010. Laboratorionsinööri. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Haastattelu 23.2.2010. Seinäjoki.
- C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen lämmöneristys, määräykset. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto
- Hietanen, M. 2008 Hietakulma Oy:n yritysesittely [PowerPoint - esitys]. Hietakulma Oy.
- Hietanen, M. 2010. Toimitusjohtaja. Hietakulma Oy. Haastattelu 25.2.2010. Kankaanpää.
- Rakennusten julkisivuelementtien testaukset – Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Ei julkaisuaikaa. Esite.
- SFS-EN 12152. 2002. Curtain walling. Air permeability. Performance requirements and classification. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS
- SFS-EN 12153. 2000. Curtain walling. Air permeability. Test method. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS
- SFS-EN 12154. 1999. Curtain walling. Watertightness. Performance requirements and classification. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS
- SFS-EN 12155. 2000. Curtain walling. Watertightness. Laboratory test under static pressure. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS
- SFS-EN 12179. 2000. Curtain walling. Resistance to wind load. Test method. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS
- SFS-EN 13116. 2001. Curtain walling. Resistance to wind load. Performance requirements. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS
- Siikanen, U. 1998. Puurakennusten suunnittelu. 4. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 1996. Rakennusfysiikka: Perusteet ja sovellukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Vinha, J. 2009 Asuinrakennuksen ilmanpitävyys [PowerPoint - esitys]. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.

LIITTEET

LIITE 1: Ulkoseinäelementin kokoonpanokuva.

LIITE 2: Asennuskehän tarkat mitat.

LIITE 3: Vanerielementin kokoonpanokuva.

LIITE 4: Tiiviysmittaus 1050 Pa alipaineessa.

LIITE 5: Tiiviysmittaus 1200 Pa alipaineessa.

LIITE 6: Tiiviysmittaus 1050 Pa ylipaineessa.

LIITE 7: Tiiviysmittaus 1200 Pa ylipaineessa.

LIITE 8: Ilmanpitävyytesti 1050 Pa alipaineessa.

LIITE 9: Ilmanpitävyytesti 1200 Pa ylipaineessa.

LIITE 10: Sateenpitävyytesti 600 Pa ylipaineessa.

LIITE 11: Tuulenpaineenkesto testi 600 Pa alipaineessa.

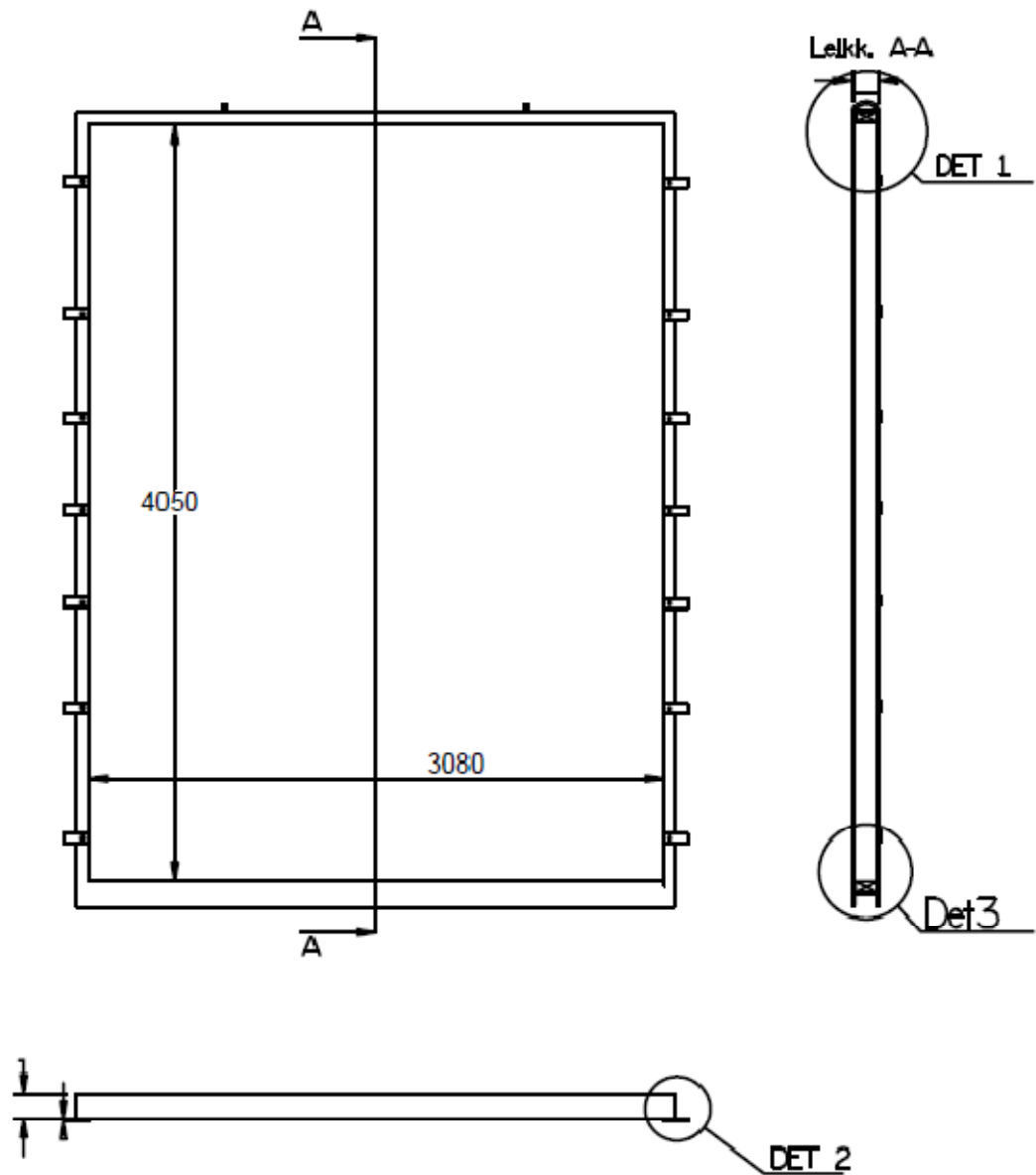
LIITE 12: Tuulenpaineenkesto testi 600 Pa ylipaineessa.

LIITE 2: Asennuskehän tarkat mitat.

Materiaali 140x60 U-palkki

Korvakkeet 130x50x10 lattaa, ruuvikiinnitys

Katso tarkemmat detailikuvat

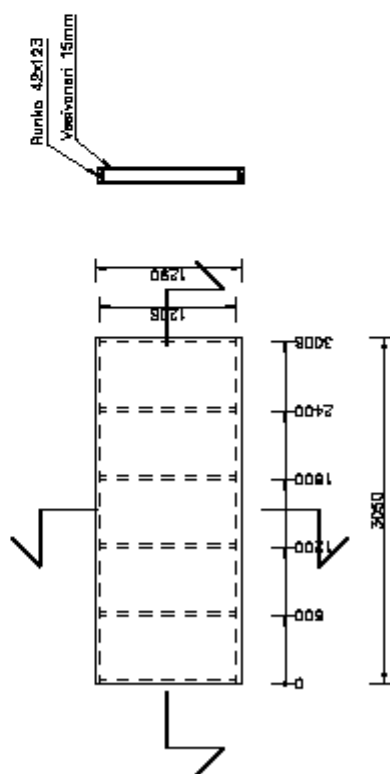


LIITE 3: Vanerielementin kokoonpanokuva.

ELEMENTTI ONT KATSOTTUNA ULKOAPÄIN

Kokonaisala 3.93 m²

Ristimitta 3312



TANKASTUSPOYTEKIRJA		Tarkenneus ponn Kulttuur	
plouu			
Korvuu			
REINARD			
PLAZONNO			
HS-moodi			
Loyti			
VNO			

Rakennusvaihe	PPU-tilaus	NTL-000040
ONT	ELEMENTTIKUVA	1:50
Suunnittelu	Työ m.	Elementti
OH	400	Vaneri

LIITE 4: Tiiviysmittaus 1050 Pa alipaineessa.

Asiakas	Olli Hietanen/Hietakulma Oy										Testauksen aloitusaika		21/7/2009-8:51:0												
Tuotenimi	US-elementti										Testauksen lopetusaika		21/7/2009-9:6:30												
Standardi	Alipaine 1050Pa																								
Testin numero	Tiiveys alipaine																								
Kommentti																									
Toistojen tavoite	1										Testaaja														
Toistoja tehty	1										Olli Hietanen														
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma					Lämpötila		Huone		Tauko
	P ₁			nousu t ₁			taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃			G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁	
	tavoite	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X
1	-1155	-1154	5	7	28	1,5	15	15	0	-68,67	1,5	0	0	0	0	0	0,4	2,1	1,8	45,9	25,7	24,3	98	47	0
2	0	49	5	7	16	1,5	7	7	0	-4,17	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0,7	45,9	25,7	24,4	98	47	0
3	-1155	-1154	5	7	24	1,5	15	15	0	-68,57	1,5	0	0	0	0	0	0,4	2,0	1,9	45,9	25,7	24,4	98	47	0
4	0	50	5	7	16	1,5	7	7	0	2,31	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,6	0,7	45,9	25,7	24,4	98	47	0
5	-1155	-1156	5	7	24	1,5	15	15	0	-69,45	1,5	0	0	0	0	0	0,4	2,0	1,9	45,9	25,7	24,4	98	47	0
6	0	42	5	7	16	1,5	7	7	0	1,88	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,8	45,9	25,7	24,4	98	47	0
7	0	32	0	0	0	0,0	0	0	0	-6,24	0,0	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0,8	45,9	25,7	24,4	98	47	1
8	0	31	0	0	0	0,0	0	0	0	-6,69	0,0	0	0	0	0	1	0,2	0,3	0,8	45,9	25,7	24,4	98	47	0
9	-50	-51	3	5	3	1,5	30	30	0	-10,31	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,1	0,1	45,9	25,8	24,4	98	47	0
10	-100	-100	3	5	61	1,5	30	30	0	-14,22	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1	45,9	25,8	24,5	98	47	0
11	-150	-149	3	5	33	1,5	30	30	0	-17,79	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,0	0,1	45,9	25,8	24,5	98	47	0
12	-200	-200	2	5	35	1,5	30	30	0	-21,34	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,2	45,9	25,8	24,5	98	47	0
13	-250	-250	1	5	36	1,5	30	30	0	-24,56	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0,2	45,9	25,8	24,5	98	47	0
14	-300	-300	1	5	34	1,5	30	30	0	-27,70	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,2	45,9	25,8	24,6	98	47	0
15	-450	-451	1	5	33	1,5	30	30	0	-35,97	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0,4	45,9	25,8	24,6	98	47	0
16	-600	-599	1	5	27	1,5	30	30	0	-43,91	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,9	0,5	45,9	25,7	24,6	98	47	0
17	-750	-749	1	5	24	1,5	30	30	0	-51,15	1,5	0	0	0	0	0	0,2	1,1	0,7	45,9	25,7	24,6	98	47	0
18	-900	-900	1	5	23	1,5	30	30	0	-58,11	1,5	0	0	0	0	0	0,2	1,4	0,9	45,9	25,7	24,7	98	47	0
19	-1050	-1050	1	5	20	1,5	30	30	0	-65,01	1,5	0	0	0	0	0	0,3	1,6	1,1	45,9	25,7	24,7	98	47	0
20	0	51	10	10	20	1,5	3	3	0	13,25	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,2	45,9	25,7	24,7	98	47	0
21	0	52	0	0	0	0,0	0	0	0	13,25	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,2	45,9	25,7	24,7	98	47	0

LIITE 5: Tiiviysmittaus 1200 Pa alipaineessa.

Asiakas	Olli Hietanen/Hietakulma Oy										Testauksen aloitusaika										21/7/2009-9:23:22																				
Tuotenimi	US-elementti										Testauksen lopetusaika										21/7/2009-9:37:43																				
Standardi	Alipaine -1200Pa																																								
Testin numero	Tiiveys alipaine																																								
Kommentti																																									
Toistojen tavoite		1																				Testaaja										Olli Hietanen									
Toistoja tehty		1																																							
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma				Lämpötila		Huone		Tauko																	
	P ₁			nousu t ₁		taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁																			
	tavoite	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus																
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X																
1	-1320	-1282	5	7	26	1,5	3	3	0	-80,93	1,5	0	0	0	0	0	0,4	2,1	1,9	45,9	25,8	24,1	98	48	0																
2	0	15	5	7	17	1,5	7	7	0	-6,24	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0,6	45,9	25,7	24,1	98	48	0																
3	-1320	-1281	5	7	23	1,5	3	3	0	-82,32	1,5	0	0	0	0	0	0,4	2,3	1,9	45,9	25,7	24,1	98	48	0																
4	0	12	5	7	18	1,5	7	7	0	-5,02	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0,6	45,9	25,6	24,0	98	48	0																
5	-1320	-1284	5	7	24	1,5	3	3	0	-83,00	1,5	0	0	0	0	0	0,4	2,3	2,0	45,9	25,6	24,0	98	48	0																
6	0	10	5	7	18	1,5	7	7	0	-4,82	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,6	0,6	45,9	25,7	24,0	98	48	0																
7	0	4	0	0	0	0,0	0	0	0	-8,52	0,0	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0,6	45,9	25,7	24,0	98	48	1																
8	0	4	0	0	0	0,0	0	0	0	-8,52	0,0	0	0	0	0	1	0,2	0,4	0,6	45,9	25,7	24,0	98	48	0																
9	-50	-48	5	5	45	1,5	20	20	0	-10,51	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	45,9	25,8	24,0	98	48	0																
10	-100	-99	5	5	46	1,5	20	20	0	-13,73	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	45,9	25,8	24,0	98	48	0																
11	-150	-148	5	5	30	1,5	20	20	0	-18,31	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1	45,9	25,8	24,0	98	48	0																
12	-200	-198	3	5	27	1,5	20	20	0	-21,88	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	45,9	25,8	24,0	98	48	0																
13	-250	-248	2	5	28	1,5	20	20	0	-25,31	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,2	45,9	25,8	24,0	98	48	0																
14	-300	-299	1	5	33	1,5	20	20	0	-28,56	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,2	45,9	25,8	24,0	98	48	0																
15	-450	-449	1	5	34	1,5	20	20	0	-37,33	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0,4	45,9	25,7	24,0	98	48	0																
16	-600	-600	1	5	28	1,5	20	20	0	-45,31	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,5	45,9	25,7	24,0	98	48	0																
17	-750	-748	1	5	24	1,5	20	20	0	-52,91	1,5	0	0	0	0	0	0,2	1,0	0,7	45,9	25,7	24,0	98	48	0																
18	-900	-901	1	5	23	1,5	20	20	0	-59,66	1,5	0	0	0	0	0	0,2	1,0	0,9	45,9	25,7	24,0	98	48	0																
19	-1050	-1050	1	5	20	1,5	20	20	0	-66,42	1,5	0	0	0	0	0	0,3	1,4	1,1	45,9	25,6	24,0	98	48	0																
20	-1200	-1200	1	5	18	1,5	20	20	0	-72,85	1,5	0	0	0	0	0	0,3	1,8	1,3	45,9	25,6	24,0	98	48	0																
21	0	12	10	10	17	1,5	3	3	0	11,71	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,2	45,9	25,6	24,0	98	48	0																
22	0	20	0	0	0	0,0	0	0	0	8,20	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,2	45,9	25,6	24,0	98	48	0																

LIITE 6: Tiiviysmittaus 1050 Pa ylipaineessa.

Asiakas		Olli Hietanen/Hietakulma Oy										Testauksen aloitusaika		21/7/2009-8:33:19																	
Tuotenimi		US-elementti										Testauksen lopetusaika		21/7/2009-8:49:30																	
Standardi		Ylipaine 1050Pa																													
Testin numero		Tiiveys ylipaine																													
Kommentti																															
Toistojen tavoite		1										Testaaja										Olli Hietanen									
Toistoja tehty		1																													
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma					Lämpötila		Huone		Tauko						
	P ₁			nousu t ₁			taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃		G ₁		G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁							
	tavoite	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus						
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X						
1	1155	1151	5	7	23	1,5	15	15	0	45,99	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,9	-1,0	45,9	25,9	24,1	98	47	0						
2	0	35	5	7	28	1,5	7	7	0	-7,40	1,5	0	0	0	0	0	0,1	-0,2	0,0	45,9	25,9	24,1	98	47	0						
3	1155	1151	5	7	22	1,5	15	15	0	44,06	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,7	-1,0	45,9	25,9	24,2	98	47	0						
4	0	34	5	7	29	1,5	7	7	0	-7,66	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,0	-0,1	45,9	25,9	24,2	98	47	0						
5	1155	1150	5	7	22	1,5	15	15	0	43,26	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,7	-1,0	45,9	25,9	24,2	98	47	0						
6	0	34	5	7	29	1,5	7	7	0	-7,79	1,5	0	0	0	0	0	0,1	-0,2	-0,1	45,9	25,9	24,2	98	47	0						
7	0	22	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,79	0,0	0	0	0	0	0	0,1	-0,2	-0,1	45,9	25,9	24,2	98	47	1						
8	0	19	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,92	0,0	0	0	0	0	1	0,1	0,1	0,0	45,9	25,9	24,2	98	47	0						
9	50	49	3	5	44	1,5	30	30	0	-6,08	1,5	0	0	0	0	0	0,1	-0,1	0,1	45,9	25,9	24,3	98	47	0						
10	100	99	3	5	45	1,5	30	30	0	4,84	1,5	0	0	0	0	0	0,1	-0,2	0,0	45,9	25,8	24,3	98	47	0						
11	150	150	3	5	31	1,5	30	30	0	9,06	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	0,0	45,9	25,8	24,3	98	47	0						
12	200	200	3	5	25	1,5	30	30	0	12,92	1,5	0	0	0	0	0	0,1	-0,4	0,0	45,9	25,8	24,3	98	47	0						
13	250	249	1	5	32	1,5	30	30	0	15,46	1,5	0	0	0	0	0	0,1	-0,4	-0,1	45,9	25,8	24,4	98	47	0						
14	300	301	1	5	28	1,5	30	30	0	17,70	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	-0,1	45,9	25,9	24,4	98	47	0						
15	450	449	1	5	32	1,5	30	30	0	23,45	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,7	-0,2	45,9	25,9	24,4	98	47	0						
16	600	600	1	5	26	1,5	30	30	0	28,37	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,6	-0,3	45,9	25,9	24,4	98	47	0						
17	750	749	1	5	23	1,5	30	30	0	32,66	1,5	0	0	0	0	0	-0,1	-0,9	-0,4	45,9	25,9	24,3	98	47	0						
18	900	900	1	5	21	1,5	30	30	0	36,67	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,2	-0,6	45,9	26,0	24,3	98	47	0						
19	1050	1050	1	5	18	1,5	30	30	0	38,97	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,6	-0,8	45,9	26,0	24,3	98	47	0						
20	0	41	10	10	31	1,5	3	3	0	-7,53	0,0	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	0,0	45,9	26,0	24,3	98	47	0						
21	0	36	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,66	0,0	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	0,0	45,9	26,0	24,3	98	47	0						

LIITE 7: Tiiviysmittaus 1200 Pa ylipaineessa.

Asiakas	Olli Hietanen/Hietakulma Oy										Testauksen aloitusaika										21/7/2009-9:7:51																				
Tuotenimi	US-elementti										Testauksen lopetusaika										21/7/2009-9:22:1																				
Standardi	Ylipaine 1200Pa																																								
Testin numero	Tiiveys ylipaine																																								
Kommentti																																									
Toistojen tavoite		1																				Testaaja										Olli Hietanen									
Toistoja tehty		1																																							
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma					Lämpötila		Huone		Tauko																
	P ₁			nousu t ₁			taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃			G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁																	
	tavoite	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus																
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X																
1	1320	1284	5	7	21	1,5	3	3	0	52,49	1,5	0	0	0	0	0	-0,4	-2,2	-1,4	45,9	25,9	24,7	98	46	0																
2	0	32	5	7	20	1,5	7	7	0	-7,66	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,4	-0,4	45,9	25,9	24,7	98	46	0																
3	1320	1282	5	7	21	1,5	3	3	0	49,95	1,5	0	0	0	0	0	-0,5	-2,3	-1,5	45,9	25,9	24,7	98	46	0																
4	0	35	5	7	20	1,5	7	7	0	-7,53	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,6	-0,4	45,9	26,0	24,6	98	46	0																
5	1320	1280	5	7	21	1,5	3	3	0	49,15	1,5	0	0	0	0	0	-0,4	-2,3	-1,5	45,9	26,0	24,6	98	46	0																
6	0	35	5	7	20	1,5	7	7	0	-7,66	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,5	-0,4	45,9	26,0	24,6	98	46	0																
7	0	9	0	0	0	0,0	0	0	0	-8,04	0,0	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	-0,4	45,9	26,0	24,5	98	46	1																
8	0	5	0	0	0	0,0	0	0	0	-8,16	0,0	0	0	0	0	1	0,0	-0,4	-0,4	45,9	26,0	24,5	98	46	0																
9	50	49	5	5	51	1,5	20	20	0	-5,75	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	45,9	25,9	24,5	98	47	0																
10	100	99	5	5	36	1,5	20	20	0	4,65	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,0	0,0	45,9	25,9	24,4	98	47	0																
11	150	148	5	5	26	1,5	20	20	0	8,85	1,5	0	0	0	0	0	0,1	-0,2	0,0	45,9	25,9	24,4	98	47	0																
12	200	200	3	5	27	1,5	20	20	0	12,03	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,1	0,0	45,9	25,9	24,4	98	47	0																
13	250	249	2	5	27	1,5	20	20	0	15,04	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	-0,1	45,9	25,9	24,3	98	47	0																
14	300	299	1	5	30	1,5	20	20	0	17,07	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,5	-0,2	45,9	25,9	24,3	98	47	0																
15	450	449	1	5	32	1,5	20	20	0	22,57	1,5	0	0	0	0	0	-0,1	-0,7	-0,3	45,9	25,9	24,3	98	47	0																
16	600	600	1	5	27	1,5	20	20	0	26,93	1,5	0	0	0	0	0	-0,1	-0,7	-0,4	45,9	25,9	24,3	98	47	0																
17	750	748	1	5	24	1,5	20	20	0	31,17	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,3	-0,5	45,9	25,9	24,2	98	47	0																
18	900	899	1	5	24	1,5	20	20	0	34,72	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,4	-0,7	45,9	26,0	24,2	98	47	0																
19	1050	1050	1	5	18	1,5	20	20	0	37,89	1,5	0	0	0	0	0	-0,3	-1,9	-0,9	45,9	26,0	24,2	98	47	0																
20	1200	1201	1	5	16	1,5	20	20	0	40,60	1,5	0	0	0	0	0	-0,4	-2,0	-1,1	45,9	26,0	24,1	98	48	0																
21	0	41	10	10	28	1,5	3	3	0	-7,67	0,0	0	0	0	0	0	0,1	-0,3	-0,1	45,9	26,0	24,1	98	48	0																
22	0	36	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,79	0,0	0	0	0	0	0	0,1	-0,3	-0,1	45,9	26,0	24,1	98	48	0																

LIITE 8: Ilmanpitävyytesti 1050 Pa alipaineessa.

Asiakas		Olli Hietanen/Hietakulma Oy										Testauksen aloitusaika										16/7/2009-10:23:50																			
Tuotenimi		US-elementti										Testauksen lopetusaika										16/7/2009-10:39:1																			
Standardi		Alipaine 1050Pa																																							
Testin numero		Ilmanläpäisevyys ali																																							
Kommentti																																									
Toistojen tavoite		1																				Testaaja										Olli Hietanen									
Toistoja tehty		1																																							
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma				Lämpötila		Huone		Tauko																	
	P ₁			nousu t ₁			taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁																		
	tavoite	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus																
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X																
1	-1155	-1165	5	7	24	1,5	15	15	0	-66,75	1,5	0	0	0	0	0	0,7	3,0	3,2	45,9	26,0	24,2	99	51	0																
2	0	28	5	7	17	1,5	7	7	0	5,20	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,4	45,9	26,0	24,2	100	51	0																
3	-1155	-1164	5	7	23	1,5	15	15	0	-66,77	1,5	0	0	0	0	0	0,7	3,2	3,3	45,9	26,0	24,2	100	51	0																
4	0	28	5	7	17	1,5	7	7	0	5,86	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0,5	45,9	26,0	24,2	100	52	0																
5	-1155	-1164	5	7	23	1,5	15	15	0	-66,80	1,5	0	0	0	0	0	0,7	3,0	3,3	45,9	26,0	24,2	100	52	0																
6	0	30	5	7	17	1,5	7	7	0	5,86	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,4	45,9	26,0	24,2	99	52	0																
7	0	26	0	0	0	0,0	0	0	0	-5,75	0,0	0	0	0	0	0	0,2	0,6	0,5	45,9	26,0	24,2	100	52	1																
8	0	22	0	0	0	0,0	0	0	0	-6,08	0,0	0	0	0	0	1	0,3	0,4	0,5	45,9	26,0	24,2	100	52	0																
9	-50	-50	3	5	3	1,5	30	30	0	-10,22	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,0	0,1	45,9	26,1	24,2	100	52	0																
10	-100	-100	3	5	56	1,5	30	30	0	-13,27	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1	45,9	26,1	24,2	100	52	0																
11	-150	-149	3	5	33	1,5	30	30	0	-16,82	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,2	45,9	26,2	24,2	100	52	0																
12	-200	-200	2	5	33	1,5	30	30	0	-19,94	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,3	0,2	45,9	26,1	24,2	100	52	0																
13	-250	-251	1	5	34	1,5	30	30	0	-22,91	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,6	0,3	45,9	26,1	24,2	99	52	0																
14	-300	-299	1	5	30	1,5	30	30	0	-25,78	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,6	0,3	45,9	26,1	24,2	100	52	0																
15	-450	-451	1	5	31	1,5	30	30	0	-33,65	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,9	0,7	45,9	26,1	24,2	100	52	0																
16	-600	-601	1	5	26	1,5	30	30	0	-40,97	1,5	0	0	0	0	0	0,3	1,3	1,2	45,9	26,1	24,2	100	52	0																
17	-750	-751	1	5	23	1,5	30	30	0	-48,15	1,5	0	0	0	0	0	0,4	1,6	1,6	45,9	26,0	24,2	100	52	0																
18	-900	-900	1	5	22	1,5	30	30	0	-54,81	1,5	0	0	0	0	0	0,5	2,1	2,2	45,9	26,0	24,2	100	52	0																
19	-1050	-1050	1	5	19	1,5	30	30	0	-61,12	1,5	0	0	0	0	0	0,5	2,4	2,6	45,9	26,0	24,2	100	52	0																
20	0	39	10	10	19	1,5	3	3	0	18,52	0,0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,3	45,9	26,0	24,2	100	52	0																
21	0	48	0	0	0	0,0	0	0	0	13,81	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	45,9	26,0	24,2	100	52	0																
																									0																

LIITE 9: Ilmanpitävyytesti 1200 Pa ylipaineessa.

Asiakas	Olli Hietanen/Hietakulma Oy										Testauksen aloitusaika										15/7/2009-13:58:12										
Tuotenimi	US-elementti										Testauksen lopetusaika										15/7/2009-14:11:35										
Standardi	Ylipaine 1200Pa																														
Testin numero	ilmanläpäisevyys yli																														
Kommentti																															
Toistojen tavoite		1										Testaaja										Olli Hietanen									
Toistoja tehty		1																													
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma				Lämpötila		Huone		Tauko							
	tavoite	P ₁		nousu t ₁			taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃			G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁							
	Pa	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus						
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X						
1	1320	1281	5	7	22	1,5	3	3	0	47,93	1,5	0	0	0	0	0	3,5	1,3	-0,5	45,8	26,0	24,8	100	43	0						
2	0	32	5	7	21	1,5	7	7	0	-6,99	1,5	0	0	0	0	0	3,9	2,7	0,4	45,8	26,0	24,8	100	43	0						
3	1320	1282	5	7	20	1,5	3	3	0	47,93	1,5	0	0	0	0	0	3,5	1,2	-0,5	45,9	26,0	24,9	100	43	0						
4	0	34	5	7	22	1,5	7	7	0	-6,85	1,5	0	0	0	0	0	3,9	2,7	0,4	45,9	26,0	24,8	100	42	0						
5	1320	1282	5	7	21	1,5	3	3	0	48,44	1,5	0	0	0	0	0	3,5	1,3	-0,5	45,8	26,0	24,8	100	42	0						
6	0	34	5	7	21	1,5	7	7	0	-6,55	1,5	0	0	0	0	0	3,9	2,9	0,4	45,8	26,1	24,8	100	42	0						
7	0	22	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,13	0,0	0	0	0	0	0	3,9	2,7	0,5	45,8	26,0	24,8	100	42	1						
8	0	22	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,40	0,0	0	0	0	0	1	3,9	2,9	0,4	45,9	26,0	24,9	100	42	0						
9	50	50	5	5	45	1,5	20	20	0	-4,37	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	45,9	26,0	24,8	100	41	0						
10	100	99	5	5	35	1,5	20	20	0	7,38	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	45,8	26,0	24,8	100	42	0						
11	150	149	5	5	25	1,5	20	20	0	11,40	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	0,1	45,8	26,0	24,8	100	42	0						
12	200	200	3	5	25	1,5	20	20	0	14,86	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,3	0,0	45,9	26,0	24,8	100	42	0						
13	250	250	2	5	24	1,5	20	20	0	17,66	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,4	0,0	45,8	26,0	24,8	100	41	0						
14	300	300	1	5	30	1,5	20	20	0	19,90	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,4	-0,1	45,9	26,0	24,8	100	41	0						
15	450	451	1	5	30	1,5	20	20	0	25,43	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,6	-0,1	45,8	26,1	24,7	100	41	0						
16	600	599	1	5	26	1,5	20	20	0	29,87	1,5	0	0	0	0	0	-0,1	-0,7	-0,2	45,9	26,1	24,7	100	42	0						
17	750	750	1	5	23	1,5	20	20	0	33,48	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-0,9	-0,4	45,9	26,1	24,7	100	41	0						
18	900	899	1	5	21	1,5	20	20	0	36,76	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,3	-0,5	45,8	26,2	24,7	100	41	0						
19	1050	1050	1	5	17	1,5	20	20	0	39,66	1,5	0	0	0	0	0	-0,3	-1,5	-0,7	45,8	26,2	24,7	100	41	0						
20	1200	1200	1	5	16	1,5	20	20	0	42,87	1,5	0	0	0	0	0	-0,4	-1,7	-0,8	45,8	26,2	24,7	100	41	0						
21	0	42	10	10	27	1,5	3	3	0	-6,85	0,0	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	0,0	45,8	26,2	24,7	100	41	0						
22	0	36	0	0	0	0,0	0	0	0	-6,70	0,0	0	0	0	0	0	0,0	-0,2	0,0	45,8	26,2	24,7	100	41	0						

LIITE 10: Sateenpitävyydestä 600 Pa ylipaineessa.

Asiakas		Olli Hietanen/Hietakulma Oy										Testauksen aloitusaika		16/7/2009-11:56:6											
Tuotenimi		US-elementti										Testauksen lopetusaika		16/7/2009-12:53:50											
Standardi		CWCT sadetus 600																							
Testin numero		Sateenpitävyys																							
Kommentti																									
Toistojen tavoite		1										Testaaja										Olli Hietanen			
Toistoja tehty		1																							
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma				Lämpötila		Huone		Tauko	
	P ₁			nousu t ₁			taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃		G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁		
	tavoite	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X
1	660	641	5	7	28	1,5	3	3	1	35,96	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,1	-0,7	45,9	26,0	24,3	100	56	0
2	0	42	5	7	31	1,5	3	3	0	-6,70	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,5	-0,1	45,9	26,1	24,3	100	56	0
3	660	638	5	7	27	1,5	3	3	1	35,54	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,2	-0,7	45,9	26,1	24,3	100	55	0
4	0	44	5	7	30	1,5	3	3	0	-6,84	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,5	-0,2	45,9	26,1	24,3	100	55	0
5	660	640	5	7	27	1,5	3	3	1	35,16	1,5	0	0	0	0	0	-0,2	-1,2	-0,7	45,9	26,1	24,3	100	56	0
6	0	44	5	7	31	1,5	3	3	0	-6,99	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,4	-0,1	45,9	26,1	24,3	100	55	0
7	0	-16	0	0	0	0,0	900	900	0	-8,50	0,0	51	19	46	5	0	0,0	-0,3	-0,1	45,9	19,9	24,4	100	55	0
8	50	50	5	3	76	1,0	300	300	0	-5,91	1,5	51	19	16	5	0	0,0	-0,4	-0,2	45,9	19,3	24,3	100	55	0
9	100	100	5	3	34	1,0	300	300	0	7,00	1,5	51	19	62	5	0	-0,1	-0,5	-0,2	45,9	19,0	24,2	100	55	0
10	150	150	5	3	21	1,0	300	300	0	5,38	1,5	51	18	6	5	0	-0,1	-0,5	-0,3	45,9	18,6	24,2	99	55	0
11	200	199	5	3	18	1,0	300	300	0	6,73	1,5	51	19	0	5	0	-0,1	-0,9	-0,4	45,9	18,4	24,2	99	55	0
12	300	300	5	3	19	1,0	300	300	0	9,65	1,5	51	19	0	5	0	-0,2	-0,8	-0,5	45,9	18,2	24,2	100	55	0
13	450	449	5	3	18	1,0	300	300	0	16,96	1,5	51	19	42	5	0	-0,2	-1,0	-0,7	45,9	18,0	24,1	100	55	0
14	600	600	5	3	14	1,0	300	300	0	21,48	1,5	51	19	43	5	0	-0,3	-1,3	-0,8	45,9	17,8	24,1	99	54	0
15	0	41	10	10	30	1,0	3	3	0	-8,39	0,0	0	0	41	0	0	-0,1	-0,5	-0,4	45,9	17,8	24,1	99	54	0
16	0	39	0	0	0	0,0	0	0	0	-8,27	0,0	0	0	41	0	0	-0,1	-0,6	-0,4	45,9	17,8	24,1	100	54	0

LIITE 11: Tuulenpaineenkesto testi 600 Pa alipaineessa.

Asiakas		Olli Hietanen/Hietakulma Oy																							
Tuotenimi		US-elementti								Testauksen aloitusaika								16/7/2009-13:35:49							
Standardi		Tuulenpaine_600Pa								Testauksen lopetusaika								16/7/2009-13:44:38							
Testin numero		Tuulenpaineenkesto a																							
Kommentti																									
Toistojen tavoite		1																							
Toistoja tehty		1																							
		Testaaja Olli Hietanen																							
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma					Lämpötila		Huone		Tauko
	P ₁			nousu t ₁			taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃			G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁	
	tavoite	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X
1	-660	-640	5	7	33	1,5	3	3	1	-53,18	1,5	0	0	0	0	0	0,3	1,5	1,4	45,9	22,1	24,2	99	52	0
2	0	51	5	7	27	1,5	3	3	0	16,27	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,4	45,9	22,1	24,2	99	52	0
3	-660	-638	5	7	31	1,5	3	3	1	-62,33	1,5	0	0	0	0	0	0,4	1,5	1,5	45,9	22,1	24,2	99	52	0
4	0	52	5	7	25	1,5	3	3	0	14,96	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,6	0,3	45,9	22,1	24,2	99	52	0
5	-660	-636	5	7	32	1,5	3	3	1	-62,43	1,5	0	0	0	0	0	0,4	1,5	1,4	45,9	22,1	24,2	99	52	0
6	0	51	5	7	27	1,5	7	7	1	4,02	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0,3	45,9	22,2	24,2	99	52	0
7	0	39	0	0	0	0,0	0	0	0	-5,56	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0,3	45,9	22,2	24,2	99	52	1
8	0	35	0	0	0	0,0	0	0	0	-5,90	0,0	0	0	0	0	1	0,1	0,5	0,3	45,9	22,2	24,2	99	52	0
9	-150	-149	1	5	57	1,5	15	15	5	-17,77	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,2	45,9	22,3	24,2	99	52	0
10	-300	-301	1	5	75	1,5	15	15	5	-34,83	1,5	0	0	0	0	0	0,1	0,7	0,3	45,9	22,3	24,2	99	52	0
11	-450	-449	1	5	35	1,5	15	15	5	-46,99	1,5	0	0	0	0	0	0,2	0,8	0,6	45,9	22,3	24,3	99	52	0
12	-600	-599	1	5	30	1,5	15	15	5	-58,82	1,5	0	0	0	0	0	0,3	1,1	1,1	45,9	22,3	24,2	99	52	0
13	0	36	10	10	32	1,5	3	3	0	7,37	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1	45,9	22,4	24,3	99	52	0
14	0	35	0	0	0	0,0	0	0	0	3,27	0,0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1	45,9	22,4	24,3	99	52	0

LIITE 12: Tuulenpaineenkesto testi 600 Pa ylipaineessa.

Asiakas		Olli Hietanen/Hietakulma Oy																							
Tuotenimi		US-elementti								Testauksen aloitusaika								16/7/2009-13:26:19							
Standardi		Tuulenpaine 600Pa								Testauksen lopetusaika								16/7/2009-13:34:30							
Testin numero		Tuulenpaineenkesto y																							
Kommentti																									
Toistojen tavoite		1																							
Toistoja tehty		1																							
		Testaaja																							
		Olli Hietanen																							
Rivi	Paine kammiossa									Ilmavirt.		Vesi				Taipuma					Lämpötila		Huone		Tauko
	P ₁			nousu t ₁			taso aika t ₂			F ₁		F ₂		F ₃			G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	MID(1,2,3)	T4	P ₂	M ₁	
	tavoite	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	aika	mittaus	virhe	mittaus	virhe	tavoite	mittaus	mittaus	virhe	nollaus	mittaus	mittaus	mittaus	mittaus	kammio	huone	paine	kosteus	kuittaus
	Pa	Pa	%	s	s	s	s	s	s	m ³ /h	m ³ /h	l/min	l/min	l/min	l	X	mm	mm	mm	mm	*C	*C	kPa	%	X
1	660	639	5	7	29	1,5	3	3	1	30,43	1,5	0	0	0	0	0	-0,1	-1,1	-0,5	45,9	21,6	24,1	99	53	0
2	0	44	5	7	31	1,5	3	3	0	-6,84	1,5	0	0	0	0	0	0,0	0,1	0,0	45,9	21,6	24,1	99	53	0
3	660	638	5	7	27	1,5	3	3	1	31,44	1,5	0	0	0	0	0	-0,1	-1,0	-0,5	45,9	21,7	24,1	99	53	0
4	0	42	5	7	31	1,5	3	3	0	-7,13	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,1	0,0	45,9	21,7	24,1	99	52	0
5	660	639	5	7	27	1,5	3	3	1	31,30	1,5	0	0	3	0	0	-0,1	-1,1	-0,5	45,9	21,7	24,1	99	52	0
6	0	34	5	7	31	1,5	7	7	1	-7,13	1,5	0	0	0	0	0	0,0	0,1	0,0	45,9	21,8	24,1	99	52	0
7	0	22	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,53	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	45,9	21,8	24,1	99	52	1
8	0	19	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,53	0,0	0	0	0	0	1	0,0	-0,1	0,0	45,9	21,8	24,1	99	52	0
9	150	151	1	5	56	1,5	15	15	5	9,84	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,3	0,0	45,9	21,9	24,1	99	52	0
10	300	300	1	5	42	1,5	15	15	5	21,09	1,5	0	0	0	0	0	0,0	-0,4	-0,2	45,9	21,9	24,1	99	52	0
11	450	450	1	5	32	1,5	15	15	5	24,76	1,5	0	0	1	0	0	-0,1	-0,7	-0,3	45,9	22,0	24,1	99	52	0
12	600	599	1	5	27	1,5	15	15	5	29,48	1,5	0	0	0	0	0	-0,1	-0,8	-0,4	45,9	22,0	24,2	99	52	0
13	0	44	10	10	30	1,5	3	3	0	-6,99	0,0	0	0	0	0	0	0,1	-0,2	0,0	45,9	22,1	24,2	99	52	0
14	0	41	0	0	0	0,0	0	0	0	-7,13	0,0	0	0	0	0	0	0,1	-0,2	0,0	45,9	22,1	24,2	99	52	0